ISSN 2526-687X

ANAIS DO
IX ENCONTRO NACIONAL,
VII ENCONTRO LATINO-AMERICANO,
II ENCONTRO LATINO-AMERICANO E
EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES
E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS

UNISINOS, 10 A 13 DE MAIO DE 2017
SÃO LEOPOLDO / RS



EURO
ELECS
2017

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS UNISINOS

Reitor

Prof. Dr. Pe. Marcelo Fernandes de Aquino, S. J.

Vice-reitor

Prof. Dr. Pe. José Ivo Follmann, S. J.

Pró-reitor Acadêmico

Prof. Dr. Pe. Pedro Gilberto Gomes, S. J.

Pró-reitor de Administração

Prof. Dr. João Zani

EURO ELECS 2017

ANAIS DO
IX ENCONTRO NACIONAL,
VII ENCONTRO LATINO-AMERICANO,
II ENCONTRO LATINO-AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS

UNISINOS, 10 A 13 DE MAIO DE 2017
SÃO LEOPOLDO / RS



REALIZAÇÃO: UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

PROMOÇÃO: ANTAC

APOIO / PATROCÍNIO: CAPES, CNPq, FAPERGS, CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul INTEGRANDO PROFISSIONAIS E SOCIEDADE

ANAIS DO IX ENCONTRO NACIONAL, VII ENCONTRO LATINO-AMERICANO, II ENCONTRO LATINO-AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS

ISSN 2526-687X
Periodicidade: bienal
Realização: Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos.
Organizadoras: Andrea Parisi Kern e Andrea Naguissa Yuba.
Concepção gráfica e edição: Casa Leiria.
Coordenação editorial: Cristina Gislene Leiria.
Os textos e ilustrações são de responsabilidade de seus autores.
Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (9: 2017: São Leopoldo, RS)

Anais do Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis / 7, Encontro Latino-Americano; 2, Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, organização de Andrea Parisi Kern, Andrea Naguissa Yuba; Universidade do Vale do Rio dos Sinos – São Leopoldo: Casa Leiria, 2017.

1 CD ROM.

Evento realizado na UNISINOS, em São Leopoldo, de 10 a 13 de maio de 2017.

ISSN 2526-687X

Bienal

1. Edificações – Comunidades sustentáveis. 2. Pesquisa científica – Edificações. 3. Ambiente construído – Sustentabilidade. 4. Ensino superior – Eventos – Iniciação científica. I. Encontro Latino-Americano. II. Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. III. Kern, Andrea Parisi (Org.). IV. Yuba, Andrea Naguissa (Org.). V. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. VI. Título.

CDU 69

Catalogação na publicação
Bibliotecária: Carla Ines Costa dos Santos - CRB 10/973

Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Av. Unisinos, 950 – Bairro Cristo Rei
93022-000 – São Leopoldo – RS
Telefone: (51) 3591-1100

Casa Leiria
Rua do Parque, 470 – Bairro Padre Reus
93020-270 – São Leopoldo – RS
Telefone: (51) 3589-5151

REALIZAÇÃO: PROMOÇÃO: APOIO / PATROCÍNIO:

SUMÁRIO

Organização 6

Apresentação 10

Programa do evento 11

Programa das sessões 15

ÁREAS TEMÁTICAS

Edificações de balanço energético quase nulo, ferramentas de avaliação para materiais, edificações e espaços urbanos 37

Educação, transferência tecnológica, empoderamento e políticas públicas 415

Sistemas de espaços abertos, arborização, clima urbano, agricultura urbana e permacultura 597

Recursos e conversão de resíduos em recursos 837

Energias renováveis em edificações 1099

Inovação e melhoria nos materiais e sistemas construtivos 1233

Habitação social urbana e rural: tecnologias e culturas construtivas 1543

Processos, soluções de projeto e transferência tecnológica para materiais, edificações e espaços urbanos 1631

Segurança, mobilidade urbana e acessibilidade 1815

Urbanismo sustentável: bairros, cidades e municipalidades 1951

COMISSÃO ORGANIZADORA - EURO-ELECS 2017

Prof. Dra. Andrea Parisi Kern (UNISINOS) – presidente
Prof. Dra. Andrea Naguissa Yuba (UFMS)
Prof. Dr. Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)
Prof. Dr. Bernardo F. Tutikian (UNISINOS)
Prof. Dr. Carlos A. M. Moraes (UNISINOS)
Prof. Dr.Carlos Fernando Bahima (UFRGS)
Prof. MSc. Fernanda Pacheco (UNISINOS)
Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf González (UNISINOS)
Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Caetano (UNISINOS)
Prof. Dr. Marlova Piva Kulakowski (UNISINOS)
Prof. Dr. Mauricio Mancio (UNISINOS)
Prof. MSc. Patrícia Freitas Nerbas (UNISINOS)
Prof. Dr. Regina Espinosa Modolo (UNISINOS)

APOIO

Anna Claudia Ramão
Arthur Wittmann
Camila Canazaro
Daniela Baptista
Fabiana Pires Rosa
Guilherme M. Bueno
Jéssica Frolich
Júlia Stradiotto
Kátia O. Dorneles
Leonardo Gil
Lucas de Almeida
Luís Staudt
Marilise Garbin
Mateus Barth
Patrícia Guillante
Ramiro Emmerich
Tamires A. da Silveira
Tatiane Hentges
Vanessa Oerle
Vitoria Souza

REALIZAÇÃO: PROMOÇÃO: APOIO / PATROCÍNIO:

UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC — antac — CAPES — CNPq — FAPERGS — CREA-RS

COMISSÃO CIENTIFICA - Coordenadores de área

Prof. Dr. Ana Elisia da Costa (UFRGS)
Prof. Dr. Ana Paula da Silva Milani (UFMS)
Prof. Dr. Carlos Fernando Silva Bahima (UFRGS)
Prof. Dr. Cibele Vieira (PUCRS)
Prof. Dr. Claudio de Souza Kazmierczak (UNISINOS)
Prof. Dr. Cristina Engel de Alvarez (UFES)
Prof. Dr. Gutemberg dos Santos Weingartner (UFMS)
Prof. Dr. Julio Celso Vargas (UFRGS)
Prof. Dr. Lucia Shimbo (IAU/USP São Carlos)
Prof. Dr. Luciana Paulo Gomes UNISINOS
Prof. Dr. Liza Maria Souza Andrade (UnB)
Prof. Dr. Maria Luiza Sperb Indrusiak (SI Consultoria e Pesquisa)
Prof. Dr. Rodolfo Sertori (USP)
Prof. Dr. Rosa Maria Sposto (UNB)

COMISSÃO CIENTIFICA - Avaliadores

Prof. MSc. Adriana da Silva (FEEVALE)
Prof. Dr. Akemi Ino (USP)
Prof. MSc. Alessandra Brito (FEEVALE)
Prof. Dr. Alessandra P.Shimomura (USP)
Prof. Dr. Alessandra Teribele (UNISINOS)
Prof. MSc. Alex Nogueira Rezende (UFMS)
Prof. Dr. Alexandre Pereira (IFRN)
Prof. Dr. Alexandre Toledo (UFAL)
Prof. MSc. Alice Rauber (UFRGS)
Prof. Dr. Amadja Henrique Borges (UFRN)
Prof. Dr. Ana Cecilia Campos (PUCCAMP)
Prof. MSc.. Ana Eliza Fernandes (FEEVALE)
Prof. Dr. Ana Paula Kirchheim (UFRGS)
Prof. Dr. André Souza Silva (UNISINOS)
Prof. Dr. Andréa Coelho Laranja (UFES)
Prof. Dr. Andrea Sampaio (UFF)
Prof. Dr. Anna Christina Miana (PUCMG)
Prof. Dr. Ariel González (UTN – Argentina)
Prof. Dr. Bernardo Tutikian (UNISINOS)
Prof. Dr. Betina Martau (UFRGS)
Prof. Dr. Caio Frederico Silva (UnB)
Prof. Dr. Camila Fujita (PUCRS)
Prof. Dr. Carlos Moraes (UNISINOS)
Prof. MSc. Caroline Kehl (FEEVALE)
Prof. Dr. Catarina Araújo (Uminho, Portugal)
Prof. MSc. Christian Souza Barboza (UFGD)
Prof. Dr. Cynthia Marconsini Santos (UVV)
Prof. MSc. Daiana Arnold (FEEVALE)
Prof. Dr. Daniel Medeiros (UNISINOS)
Prof. MSc. Daniela Mussolini (UNISINOS)
Prof. MSc. Danielle Hoppe (ITDP Brasil)
Prof. MSc. Debora Gregoletto (UFRGS)
Prof. Dr. Douglas Aguiar (UFRGS)
Prof. Dr. Edna Rodrigues (UFES)
Prof. Dr. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Prof. Dr. Eliane Constantinou (UFRGS)
Prof. Dr. Eliane Guaraldo (UFMS)
Prof. Dr. Elisa Schoenell (UCS)
Prof. Dr. Elisandra Medeiros (IFB)
Prof. Dr. Elton Rossini (UERGS)
Prof. Dr. Ercilia Hitomi Hirota (UEL)
Prof. Dr. Erica Coelho Pagel (AEV)
Prof. MSc. Erich Rodriguez (IMED)
Prof. Dr. Eugenia Kuhn (UniRitter)
Prof. MSc. Fabiana Rosa (UNISINOS)
Prof. Dr. Fábio Mariz Gonçalves (USP)
Prof. Dr. Feliciane Brehm (UNISINOS)
Prof. Dr. Fernanda da Cruz Moscarelli (IPA)
Prof. Dr. Fernanda Gouveia (UFPA)
Prof. MSc. Fernanda Pacheco (UNISINOS)
Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan (UFRGS)
Prof. Dr. Flavia Zinani (UNISINOS)
Prof. Dr. Geisa Rorato (UNISINOS)
Prof. Dr. Giane Grigoletti (UFSM)
Prof. Dr. Gilson Pedroso (IFTO)
Prof. Dr. Gisela Leonelli (UNICAMP)
Prof. Dr. Glauco Cocozza (UFU)
Prof. Dr. Gogliardo Vieira Maragno (UFMS)
Prof. Dr. Humberto Nicolás Palermo (UFRGS)
Prof. Dr Izabele Colusso (UNISINOS)
Prof. Dr. João Luiz Calmon da Gama (UFES)
Prof. Dr. João Onofre Pereira Pinto (UFMS)

Prof. Dr. João Ricardo Masuero (UFRGS)
Prof. Dr. Jocelise Jacques (UFRGS)
Prof. Dr. Jonathas da Silva (PUCCAMP)
Prof. Dr. Jorge Luis Akasaki (UNESP)
Prof. Dr. José Barbosa (Uminho – Portugal)
Prof. MSc. José Nadalon (FEEVALE)
Prof. Dr. José Luiz Pinheiro Melges (UNESP)
Prof. Dr. Juan José Mascaró (UPF)
Prof. MSc. Julia Teixeira Fernandes (UnB)
Prof. MSc. Jussara Maria Basso (UNIDERP)
Prof. MSc. Karina Latosinski (UFMS)
Prof. MSc. Katia Didoné (UCDB)
Prof. Dr. Laura Bueno (PUCCAMP)
Prof. Dr. Letícia Antunes Hardt (PUCPR)
Prof. Dr. Liana Baptista Lima (UFMS)
Prof. Dr. Liércio Isoldi (FURG)
Prof. Dr. Lucas Figueiredo (UFPB)
Prof. Dr. Luciana Martins Schenk (S P)
Prof. Dr. Luciana Brandli (UPF)
Prof. MSc. Luciana Fonseca (UniRitter)
Prof. Dr. Luciana Martins (FEEVALE)
Prof. Dr. Luís Bragança (Uminho – Portugal)
Prof. Dr. Luis Guilherme Aita Pippi (UFSM)
Prof. Dr. Luis Miranda (UNISINOS)
Prof. Dr. Marcelo Caetano (UNISINOS)
Prof. Dr. Márcia Bissoli-Dalvi (UFES)
Prof. Dr. Marco Aurélio Gonzalez (UNISINOS)
Prof. Dr. Marcos Diligenti (PUCRS)
Prof. Dr. Maria Fernanda Nunes (UNISINOS)
Prof. Dr. Maria Teresa Barbosa (UFJF)
Prof. Dr. Marlova Kulakowski (UNISINOS)
Prof. Dr. Martin González Luz (UNISINOS)
Prof. Dr. Mauricio Torres (UFRGS)
Prof. Dr. Maurício Mancio (UNISINOS)
Prof. Dr. Mauro Tashima (UNESP)
Prof. Dr. Michele Carvalho (UnB)
Prof. MSc. Michele Giongo (UFMS)
Prof. MSc. Michele Morales (UFRGS)
Prof. MSc. Monad Clemente (Biloba)
Prof. Dr. Monica Santos Salgado (UFRJ)
Prof. Dr Obede Borges Faria (UNESP)
Prof. Dr Odilar Rondon (UFMS)
Prof. MSc. Pamela Ghesla (SEAC Brasil)
Prof. MSc. Patrícia Nerbas (UNISINOS)
Prof. Dr. Paulo Sérgio Vargas (UFES)
Prof. Dr. Paulo Wander (UNISINOS)
Prof. Dr. Regina Modolo (UNISINOS)
Prof. Dr. Renato Saboya (UFSC)
Prof. Dr. Ricardo Mateus (Uminho, Portugal)
Prof. Dr. Rosaria Ono (USP)
Prof. MSc. Rubens Silvestrini (UFMS)
Prof. Dr. Sergio Rodrigues Bahia (UFF)
Prof. MSc. Tiago Holzmann (IAB RS)
Prof. MSc. Tiago Melchiades (UNISINOS)
Prof. MSc. Tomaz Amaral Lotufo (USP)
Prof. Dr. Underléa Miotto Bruscato (UFRGS)
Prof. Dr. Vera Grieneisen (UNISINOS)
Prof. MSc. Vera Mascarello (UNISINOS)
Prof. Dr. Victor Andrade (UFRJ)
Prof. MSc. Victoria Mauricio Delvizio (UFMS)
Prof. MSc. Vinicius Marques (UNISINOS)
Prof. Dr. Viviana Zanta (UFBA)
Prof. Dr. Wagner Augusto Andreasi (UFMS)

APRESENTAÇÃO

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da UNISINOS sente-se honrado em organizar o **Encontro Europeu e Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, que teve início há 20 anos. Passou de um contexto nacional (ENECS) para o latino americano (ELECS) e hoje está na segunda edição europeia-latino-americana. (Euro-ELECS). Promovido pelo grupo de trabalho "Desenvolvimento Sustentável" da ANTAC, o evento tem com o principal objetivo refletir sobre questões inerentes à sustentabilidade no ambiente construído.

O logotipo do encontro, utilizado desde a edição de 2013, por um lado, sugere um caminho em expansão. De fato, a consciência sobre o tema, assim como abrangência deste evento são notadamente crescentes: em escopo, em escala, em disciplinas, em complexidade. Por outro lado, o logotipo também sugere a imagem do caracol, que facilmente nos remete ao slow movement, onde a ciência se insere fundamentada na ideia de um processo lento, estável, metódico, sem apostar em "soluções rápidas" a problemas complexos - ainda que urgentes.

Neste contexto, essa edição do encontro tem como tema "sustentabilidade em tempos de transformação: desafios e oportunidades" e propõe uma agenda com dez temas que perpassam soluções de projeto, tecnologia de materiais e sistemas construtivos, eficiência energética, recursos e resíduos, habitação social, espaços abertos, agricultura urbana e permacultura, urbanismo sustentável, educação e políticas públicas.

Prof. Dra. Andrea Parisi Kern
Presidente da Comissão Organizadora Euro-ELECS 2017
UNISINOS/PPGEC

PROGRAMA DO EVENTO

QUARTA-FEIRA, 10 DE MAIO DE 2017

10:00 – 12:40 Anfiteatro Pe. Werner	CREDENCIAMENTO
12:40 – 14:10	INTERVALO PARA ALMOÇO
14:10 – 17:40 Anfiteatro Pe. Werner Sala C01 309 Sala C02 106 Sala C03 117 Sala C01 308	CREDENCIAMENTO Oficinas: - "**Certificação Cradle to Cradle**" – Prof Daniel Mederios (Unisinos); - "**Energia solar fotovoltaica**" – Prof João Batista Dias (Unisinos); - "**Arquitetura de terra**" – Prof Cecília Prompt (UFSC); - "**Iluminação natural em Edifícios**" – Prof Maria Beatriz Piderit (Universidade de Bio-Bio, Chile)
17:40 – 19:30 Anfiteatro Pe. Werner	CERIMÔNIA DE ABERTURA Palestra: "**Tenemos que pensar más: Reflexiones sobre sosteniblidad y ciudad**", Prof. Maria Augusta Hermida, Universidade de Cuenca, Equador
19:30 – 22:20 Anfiteatro Pe. Werner	COQUETEL DE BOAS-VINDAS LANÇAMENTO DOS LIVROS: - "**Efeitos da Arquitetura: os impactos da urbanização contemporânea no Brasil**"; - "**Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes**"

QUINTA-FEIRA, 11 DE MAIO DE 2017

8:30 – 10:00 Anfiteatro Pe. Werner	Jornada URBENERE – ciclo de debates: - "**Sustentabilidade em Arquitetura e as ferramentas de avaliação**", Cristina de Alvarez – UFES - "**Avaliação de sustentabilidade em edificações**", Luis Bragança, Universidade do Minho, Portugal - "**Establecimiento de estandares de desempeño ambiental y energetico para residencies de lactantes ubicadas en clima templado oce'anico**", Giovana Ulian e Miguel Angel Pino, Espanha
10:00 – 10:50 Anfiteatro Pe. Werner	Palestra: "**Riesgo climático, el agua y las ciudades**" – Prof. Liliana Miranda, Peru
10:50 – 11:00	INTERVALO
11:00 – 12:40 Sala E09 101 Sala E09 102 Sala E09 105 Sala E10 103 Sala E10 106 Sala E10 108	Sessões técnicas de apresentação de trabalhos: Sessão 1 - Edificações de balanço energético quase nulo, avaliação de sustentabilidade Sessão 2 - Recursos e resíduos Sessão 3 - Segurança, mobilidade urbana e acessibilidade Sessão 4 - Espaços abertos, clima urbano, agricultura urbana e permacultura Sessão 5 - Inovação e melhoria nos materiais e sistemas construtivos Sessão 6 - Comunicação rápida: questões urbanas
12:40 – 14:10	INTERVALO PARA ALMOÇO
14:10 – 14:25 Anfiteatro Pe. Werner	Palestra: "**Sistema de Gestão Ambiental em Câmpus universitário**", Prof. Luciana Gomes, UNISINOS
14:25-15:15 Anfiteatro Pe. Werner	Palestra: "**Diseño y ejecución de viviendas sostenibles. Experiencias y futuros retos en la aplicación de energías limpias a base de hidrógeno**", Prof. Pedro Verdejo Gimeno, Universidad CEU, Espanha
15:15– 16:00	CAFÉ
16:00 – 18:30 Sala E10 100 Sala E10 101 Sala E10 102 Sala E10 103 Sala E10 105 Sala E10 106 Sala E10 107	Sessões técnicas de apresentação artigos: Sessão 7 – Edificações de balanço energético quase nulo, avaliação de sustentabilidade Sessão 8 – Educação, transferência tecnológica, empoderamento e políticas públicas Sessão 9 – Processos, projeto e transferência tecnológica Sessão 10 – Urbanismo sustentável - Segurança, mobilidade urbana e acessibilidade Sessão 11 - Recursos e resíduos Sessão 12 – Espaços abertos, clima urbano, agricultura urbana e permacultura Sessão 13 - Comunicação rápida - Materiais, componentes, sistemas construtivos
18:30 – 20:00 Anfiteatro Pe. Werner	Reunião de GTs: ANTAC e URBENERE
20:30 – 22:20 Restaurante Vero	JANTAR DA CONFERÊNCIA (por adesão)

REALIZAÇÃO: PROMOÇÃO: APOIO / PATROCÍNIO:

SEXTA-FEIRA, 12 DE MAIO DE 2017

8:30 – 10:00 Anfiteatro Pe. Werner	Jornada URBENERE – ciclo de debates: - "**Eficiencia Energética en Edificaciones**", Norberto Odobez, Facultad Regional Delta UTN Argentina - "**Estratégias para conservação de energia com base na conservação de água nas escalas das edificações e das cidades**" Ricardo Gonçalves, UFES - "**Estrategias bioclimáticas en los edificios para el clima tropical**", Emily Vargas, Costa Rica
10:00 – 10:50 Anfiteatro Pe. Werner	Palestra: "**Ecoeficácia no desenvolvimento e uso de materiais inovadores: avanços recentes e contribuição para a sustentabilicdade no ambiente construído**", Prof. Maurício Mancio, UNISINOS
10:50 – 11:00	INTERVALO
11:00 – 12:40 Sala E09 105 Sala E09 102 Sala E09 103 Sala E10 106 Sala E10 107 Sala E10 108	Sessões técnicas de apresentação de artigos: Sessão 14 – Edificações de balanço energético quase nulo, avaliação de sustentabilidade Sessão 15 – Energias renováveis em edificações Sessão 16 – Habitação social urbana e rural: tecnologias e culturas construtivas Sessão 17 – Inovação e melhoria nos materiais e sistemas construtivos Sessão 18 - Comunicação rápida: projeto e edificação Sessão 19 - Comunicação rápida: questões urbanas, avaliação de sustentabilidade e eficiência energética
12:40 – 14:10	INTERVALO PARA ALMOÇO
14:10 – 14:25 Anfiteatro Pe. Werner	Palestra: "**Engenheiros sem fronteiras**", eng Tatiane Hentges, UNISINOS
14:25 - 15:15 Anfiteatro Pe. Werner	Palestra: "**La Realidad del Oficio**", Arq. Jorge Ramires, Colombia
15:15– 16:00	CAFÉ
16:00 – 16:50 Anfiteatro Pe. Werner	Palestra: "**A Era das cidades gigantes: cognição, educação e sustentabilidade – uma experiência a partir de Porto Alegre**", Prof. Rualdo Menegat, UFRGS
16:50 – 17:30 Anfiteatro Pe. Werner	CERIMÔNIA DE ENCERRAMENTO PREMIAÇÃO

PROGRAMA DAS SESSÕES

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 1: Sala E09 101, Coordenador: Prof. Luis Bragança (Universidade do Minho)

Edificações de balanço energético quase nulo, avaliação de sustentabilidade

11:00 - 11:10	385	INDICADORES DE VULNERABILIDADE COMO SUBSÍDIO ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS À GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES	Ivana de Figueiredo Jalowitzki, Alexandra Passuello, **Eloisa Maria Adami Giazzon** and Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
11:10 - 11:20	29	ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO - PORTO ALEGRE, BRASIL	**Talita de Albuquerque Barreto** and Marco A. S. Gonzalez
11:20 - 11:30	50	AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CERÂMICA E DAS ROCHAS ORNAMENTAIS ATRAVÉS DA FERRAMENTA ISMAS	Márcia Bissoli Dalvi, **Lucas Martinez da Costa**, Mirna Elias Gobbi and Cristina Engel de Alvarez
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 11:55	57	OCCUPATIONAL RATE AND GLOBAL WARMING POTENTIAL: CASE STUDY OF A SCHOOL BUILDING IN GOIANIA CITY	**Lucas Caldas**, Pablo Paulse, Rosa Sposto, Karla Hora and Romildo Toledo Filho
11:55 - 12:05	73	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE EMISSÕES DE CO2 DE DIFERENTES TIPOS DE TELHADO VERDE	**Júlia Lira** and Rosa Sposto
12:05 - 12:15	80	CERTIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO DO CAMPUS ALTO PARAOPEBA	Gustavo Ladeira, Marina Gomes, **Jose Carlos Borba Jr** and Veronica Medeiros
12:15 - 12:25	260	APLICAÇÃO DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY NA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES	**Claudio Morgado** and Alice Brasileiro
12:25 - 12:40	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 2: Sala E09 102, Coordenadora: Profª. Luciana Gomes (UNISINOS)

Recursos e resíduos

11:00 - 11:10	92	PROPOSTA DE SISTEMA DE INDICADORES PARA CANTEIROS DE OBRAS SUSTENTÁVEIS	**Lidiane Almeida**, Dayana Costa and Elaine Alberte
11:10 - 11:20	17	ESTUDO DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE COM ÊNFASE NA INCINERAÇÃO COMO INS	Leandro Ávila Bittencourt, Fabiane Bordin, **Mônica Anschau**, Leonardo Scalco, Paola Gorkos and Vinicius Müller
11:20 - 11:30	46	DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIAS NO GERENCIAMENTO E GESTÃO DE RCD NO MUNICÍPIO DE PAROBÉ-RS.	Daniel Felipe Hartz, Fabiane Bordin, **Leonardo Scalco**, Paola Gorkos, Vinicius Müller and Mônica Anschau
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 11:55	47	GESTÃO DE RESÍDUOS DE GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO	Mateus Barzotto, Fabiane Bordin, **Vinicius Müller**, Mônica Anschau, Leonardo Scalco and Paola Gorkos
11:55 - 12:05	48	ESTUDO DO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO EMPREGANDO TYPHA EM WETLANDS	Fabiane Bordin, Luciana Gomes, Paola Gorkos, **Vinicius Müller**, Mônica Anschau and Leonardo Scalco
12:05 - 12:15	4	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM OBRAS VERTICAIS EM UM MUNICÍPIO DO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL/ RS	Matheus Dalsotto da Silva, **Marcelo Oliveira Caetano,** Léa Beatriz Dai Prá and Luciana Paulo Gomes
12:15 - 12:25	337	AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA MANUSEIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS HABITAÇÕES MULTIFAMILIARES DO RIO DE JANEIRO	Alice Magalhães Souza
12:25 - 12:40	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 3: Sala E09 105, Coordenadora: Profª. Geisa Roratto (UNISINOS)

Segurança, mobilidade urbana e acessibilidade

11:00 - 11:10	40	URBANISMO TÁTICO E SUSTENTABILIDADE: EXPERIÊNCIAS TÁTICAS NO FOMENTO AO TRANSPORTE ATIVO	**Aline Moreira Fernandes Barata** and Adriana Sansão Fontes
11:10 - 11:20	127	DENSIDADE DE INTERSECÇÕES E DIVERSIDADE DO USO DO SOLO: VARIÁVEIS DE MENSURAÇÃO DA CAMINHABILIDADE EM CAMBÉ-PR	Monica Motomura, **Larissa Fontoura** and Milena Kanashiro
11:20 - 11:30	170	A IMPORTÂNCIA DAS CALÇADAS PARA A ACESSIBILIDADE URBANA: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR DO IQC	**Vanessa Tibola Rocha**, Luciana Londero Brandli, Rosa Maria Locatelli Kalil, Pedro Pietto and Cristiane Tiepo
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 11:55	200	ANÁLISE DA MICROACESSIBILIDADE DO PEDESTRE EM ÁREAS CENTRAIS DE CIDADES DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE AGUDOS, SP	**Tatiana Gebara**, Talita Moura, Priscila Cucci and Renata Magagnin
11:55 - 12:05	9	ACESSIBILIDADE EM ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS: FERRAMENTA PARA A INCLUSÃO URBANA SUSTENTÁVEL	Aline Eyng Savi and **Lays Juliani Hespanhol**
12:05 - 12:15	205	ESCALA DE CAMINHABILIDADE POR MEIO DA PERCEPÇÃO DOS MORADORES: APLICAÇÃO DO NEWS (NEIGHBORHOOD ENVIRONMENT WALKABILITY SCALE) NA CIDADE DE CAMBÉ	Milena Kanashiro, **Natalia Tamanaka** and Adriane Silva
12:15 - 12:25	31	PLANO DE ACESSIBILIDADE: DIAGNÓSTICO E PROPOSTA PARA O CAMPUS GOIABEIRAS - UFES	Renata Salvalaio, Juliana Vieira and **Laryssa Hulle**
12:25 - 12:40	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 4: Sala E10 103, Coordenadora: Profª. Fernanda Moscarelli (IPA)

Espaços abertos, clima urbano, agricultura urbana e permacultura

11:00 - 11:10	98	CONFIGURAÇÃO DAS PAISAGENS SONORAS DAS PRAÇAS DA ÁREA CENTRAL DE FREDERICO WESTPHALEN	**Giovana Pavan** and Alessandro Alves
11:10 - 11:20	253	EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS EXTERIORES EN EL CONTEXTO COMPLEJO DE LAS CIUDADES TROPICALES. APP-SURVEY BARRANQUILLA	**Kattia Villadiego** and Estefania Tapias
11:20 - 11:30	272	AVALIAÇÃO DO MICROCLIMA URBANO EM UMA CIDADE GAÚCHA	**Amanda L. Salvia**, Abby Ortega, Galileo Ramirez, Marcos A. Marisca Junior and Rosa Maria L. Kalil
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 11:55	320	ATENUAÇÃO SOLAR E SOMBREAMENTO PRODUZIDO POR ESPÉCIES DE PALMEIRAS EM ÁREAS URBANAS	**Neusa L. S. Ribeiro**, Lucila C. Labaki and Adriana E. B. Amorim
11:55 - 12:05	348	ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICO PARA PRÁTICAS SOCIAIS E ESPAÇOS POTENCIAIS: UM ESTUDO SOBRE A REGIONAL 1 – GRANDE CENTRO, VILA VELHA – ES	Ohanna Ferri, Natiele Dalbó, Suzany R. Ramos, **Larissa L. A. Ramos** and Luciana A. N. Jesus
12:05 - 12:15	360	ÁREAS VERDES E ESPAÇOS PÚBLICOS POTENCIAIS EM VILA VELHA – ES: UM ESTUDO SOBRE A REGIONAL 01 – GRANDE CENTRO	Patrícia Scarpat Thompson Palhano, Natiele Dalbó, **Larissa Letícia Andara Ramos** and Luciana Aparecida de Jesus
12:15 - 12:25	147	VERMICOMPOSTAGEM NO LOCAL DE TRABALHO, RUMO À SUSTENTABILIDADE	Paulo Robinson da Silva Samuel, **Darci Campani** and Rejane Tubino
12:20 - 12:40	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 5: Sala E10 106, Coordenadora: Profª. Marlova Kulakowski (UNISINOS)

Inovação e melhoria nos materiais e sistemas construtivos

11:00 - 11:10	396	USO DO PÓ DE ROLAGEM DE ÁGATA EM ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND BRANCO FRENTE ÀS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DURABILIDADE	Natália dos Santos Petry, Vanessa Giaretton Cappellesso, Angela Borges Masuero and **Ana Paula Kirc**hheim
11:10 - 11:20	174	INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA COMO PIGMENTO EM ARGAMASSAS	**Lucas Kaefer**, Daiana Arnold, Adriana Silva and Vanusca Jahno
11:20 - 11:30	304	COMPORTAMENTO DE SISTEMA MISTO DE PAREDE COM EPS E ARGAMASSA PROJETADA FRENTE AOS ENSAIOS DE DURABILIDADE DA ABNT NBR 15575-4:2013 E ASTM D3273:2016	**Nataly Ayumi Toma**, Camila Fernandes Natus Souza, Fernanda Pacheco, Rodrigo Périco Souza and Roberto Christ
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 11:55	305	MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL: ASSOCIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	**Ana Carolina Carvalho Figueiredo** and Erich Kazuo Shigue
11:55 - 12:05	293	AVALIAÇÃO DO USO DE FIBRA CELULÓSICA CONTENDO POLÍMERO SUPERABSORVENTE RESIDUAL COMO AGENTE DE CURA INTERNA EM MATRIZ DE CIMENTO PORTLAND	**Angélica Koppe**, Mauricio Mancio, Tatiana L. A. C. Rocha and Feliciane Brehm
12:05 - 12:15	445	ANÁLISE DO POTENCIAL DO VIDRO VULCÂNICO NO DESENVOLVIMENTO DE CIMENTOS ÁLCALI-ATIVADOS	**Angélica Koppe,** Eduardo Nobre Guindani, Luís Claudio Staudt, Andrea Sander and Maurício Mancio
12:15 - 12:25	87	ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO EM EDIFICAÇÕES EMPREGANDO A ENGENHARIA DO VENTO COMPUTACIONAL	**Anderson Viana do Nascimento**, Gustavo Bono and Giuliana Furtado Franca Bono
12:20 - 12:40	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 6: Sala E10 108, Coordenadora: Profª. Cibele Vieira (PUC/RS)

Comunicação rápida: questões urbanas

11:00 - 11:30	65	BICICLETAS COMPARTILHADAS E SUSTENTABILIDADE URBANA: OS CASOS DE PASSO FUNDO, WASHINGTON E BARCELONA	**Paola Saraiva** and Lauro Ribeiro
	115	PERCEPÇÃO DOS PEDESTRES SOBRE A QUALIDADE DA MICROACESSIBILIDADE	**Isabela Batista Pires,** Heloísa de Freitas Zanella, Fábio Albert Basso, Renata Cardoso Magagnin and Obede Borges Faria
	448	SUSTENTABILIDADE E ESPAÇOS PÚBLICOS URBANOS: CONTRIBUIÇÕES SOBRE ASPECTOS PSICOLÓGICOS E ETÁRIOS DA ACESSIBILIDADE	**Thaís Debli Libardoni**, Ligia Maria Ávila Chiarelli and Adriana Araujo Portella
	231	MÉTODOS DE COMPOSTAGEM PARA O MEIO URBANO	**Michel Cunha**, Régis Waskow, Rodrigo Kanno and Rejane Tubino
	376	MICROGENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE CUENCAS HÍDRICAS EN EL VALLE DE ABURRÁ	**Marcela Cadavid Osorio** and Alexander González Castaño
	124	BIODIVERSIDADE E INTERPRETAÇÃO DA PAISAGEM - UMA CONTRIBUIÇÃO À SUSTENTABILIDADE URBANA	**José Roberto Manna de Deus**, Roseli Freitas and Fábio P. F. Curto
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 12:15	159	O PAISAGISMO PRODUTIVO NA SUPERQUADRA DE BRASÍLIA: PAISAGEM MONOFUNCIONAL EM TRANSIÇÃO A MÚLTIPLAS FUNÇÕES	Patrícia de Freitas Nerbas and **Ketelyn Schiochet Jardim**
	190	VARIÁVEIS PARA VITALIDADE URBANA: ESTUDO DO PARQUE DA GARE, PASSO FUNDO RS	Inara Pagnussat Camara and **Fernanda Moscarelli**
	480	CONFORTO FÍSICO APLICADO À QUALIDADE AMBIENTAL URBANA EM ESPAÇOS COLETIVOS: UM DIAGNÓSTICO DA CIDADE DE SÃO LUÍS, MARANHÃO	**Carolina Buonocore** and Jussara Nogueira
	187	AVALIAÇÕES DINÂMICAS DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO PROTÓTIPO DE CASA POPULAR EFICIENTE DA UFSM	Matheus Cargnelutti de Souza, **Giane de Campos Grigoletti** and Marcos Alberto Oss Vaghetti
	114	A INFRAESTRUTURA VERDE COMO RECURSO PARA COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM URBANA CONTEMPORÂNEA	**Fernanda M. Foloni**, Karla G. Biernath and Norma R. T. Constantino
	424	ESTRATÉGIAS DE DESENHO URBANO SENSÍVEL À ÁGUA PARA MORADIA POPULAR: UMA PROPOSTA PARA A OCUPAÇÃO SOLANO TRINDADE - DUQUE DE CAXIAS RJ	Aline Alves Silva, Andressa Dias, Maria Luisa Ottoni, Nicole Almeida, Rayan Rodrigues, Sâmara Viana and Ana Lucia Britto
12:15 - 12:30	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno tarde

Sessão 7: Sala E10 100, Coordenadora: Profª. Eugênia Kuhn (UniRITTER)

Edificações de balanço energético quase nulo, avaliação de sustentabilidade

16:00 - 16:10	357	IMPACTOS INCORPORADOS AO CICLO DE VIDA DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR DO PROGRAMA MCMV	**Michele Morales**, Ana Paula Kirchheim, Andrea Kern, Igor Cruz and Ana Passuello
16:10 - 16:20	88	METABOLISMO URBANO E FLUXOS DE RESÍDUOS EM PEQUENOS MUNICÍPIOS: AVANÇOS METODOLÓGICOS NA ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS	**Eugenia Kuhn**, Miguel Sattler and Lucas Dorneles Magnus
16:20 - 16:30	148	ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES: ENSAIO DE INTEROPERABILIDADE E SIMULAÇÕES DE ENVOLTÓRIAS	Thais G. Sartori, **Karine de P. B. Santos** and João Luiz Calmon
16:30 - 16:45	DISCUSSÃO		
16:45 - 16:55	22	ANÁLISE DA ENERGIA INCORPORADA EM EDIFICAÇÕES - ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÕES VERTICAIS	Sofia Brusius Brenner and **Marco Aurelio Stumpf Gonzalez**
16:55 - 17:05	138	ACVCO2 DE VEDAÇÕES VERTICAIS: UM ESTUDO DE CASO DE PAREDE DE CONCRETO MOLDADO IN LOCO	Núbia Braga, **Julia Lira** and Rosa Sposto
17:05 - 17:15	243	ENERGIA INCORPORADA E EMISSÕES DE CO2 NA FASE DE PRÉ-USO EM ALVENARIA DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO PARA HABITAÇÕES EM BRASÍLIA	**Pedro Melo** and Rosa Sposto
17:15 - 17:25	502	AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREA DE RECREAÇÃO LINDEIRA A UM RIO NO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	**Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo**, Simone Fiori, Anelise Sertoli Lopes Gil, Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Francisco Gerhardt Magro, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and Grazieli Rodrigheri
17:25 - 17:50	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno tarde

Sessão 8: Sala E10 101, Coordenador: Prof. Miguel Sattler (UFRGS)

Educação, transferência tecnológica, empoderamento e políticas públicas

16:00 - 16:10	110	EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O EDIFÍCIO ESCOLAR NA REDE MUNICIPAL DE ENSINO DE PORTO ALEGRE	Fabiano Silva Soares and **Roberta Krahe Edelweiss**
16:10 - 16:20	51	JWOOD: FERRAMENTA EDUCACIONAL COMO INCENTIVO À ADOÇÃO DA MADEIRA COMO SOLUÇÃO ESTRUTURAL SUSTENTÁVEL	**Juliano Lima da Silva** and Andréa Quadrado Mussi
16:20 - 16:30	141	ENSINO E CAPACITAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE TERRA	**Renata Benedetti Mello Nagy Ramos** and Andrea Naguissa Yuba
16:30 - 16:40	452	SUSTENTABILIDADE NOS MODOS DE HABITAR E ENVELHECIMENTO ATIVO: UM ESTUDO SOBRE COHOUSINGS NO BRASIL	Carolina Costa Machado, **Thais Debli Libardoni** and Ligia Maria Ávila Chiarelli
16:40 - 16:55	DISCUSSÃO		
16:55 - 17:05	177	EMPODERAR PARA TRANSFORMAR: UMA EXPERIÊNCIA NO SUL DO BRASIL	**Cristiane Tiepo**, Luciana Londero Brandli, Rosa Maria Locatelli Kalil and Vanessa Tibola da Rocha
17:05 - 17:15	412	EMPODERAMENTO DE COMUNIDADES URBANAS EM PROCESSOS PARTICIPATIVOS DE GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES	**Eloisa Maria Adami Giazzon**, Alexandra Passuello, Ivana Jalowitzki, Jocelei Bresolin and Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
17:15 - 17:25	449	SUSTENTABILIDADE URBANA E CIDADANIA: INTEGRAÇÃO MULTIDISCIPLINAR ENTRE UNIVERSIDADE E EDUCAÇÃO BÁSICA	Wagner Mazetto de Oliveira, **Rosa Maria Locatelli Kalil**, Adriana Gelpi, Jaqueline Becker Fengler and João Henrique Cenci
17:25 - 17:35	465	ENGENHEIROS SEM FRONTEIRAS: INTEGRAÇÃO DOS CONHECIMENTOS TEÓRICO-PRÁTICOS DOS ALUNOS DE ENGENHARIA APLICADOS NO DESENVOLVIMENTO SOCIAL	**Jeferson Spiering Böes**, Tatiane Isabel Hentges, Renan Rhoden Monteiro, Guilherme Bernieri, Jonas Figueiró and Maurício Mancio
17:35 - 17:45	52	PATRIMÔNIO CULTURAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	Jéssica de Fátima Rossone Alves, **Guilherme Valle Loures Brandão** and José Alberto Barroso Castañon
17:45 - 18:00	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno tarde

Sessão 9: Sala E10 102, Coordenador: Prof. Marco Aurélio González (UNISINOS)

Processos, projeto e transferência tecnológica

16:00 - 16:10	442	BUILDING RENOVATION PROJECTS SUSTAINABILITY: SPACE EFFICIENCY INDICATOR FOR EARLY DECISION MAKING	Joana Andrade, Eduardo Fernandes and **Luis Bragança**
16:10 - 16:20	214	AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: SISTEMAS PARA CONTROLE DA VENTILAÇÃO NATURAL – LIMITES E POSSIBILIDADES RELATIVOS AO CONFORTO TÉRMICO	Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos, **Naiara Karin Schimaniak**, Liége Garlet and Marcos Vaghetti
16:20 - 16:30	456	A SUSTENTABILIDADE DOS MATERIAIS: ESTUDO EM EDIFICAÇÕES DOS SÉCULOS XVI E XXI	Joana Pedrini, Edna Rodrigues and Márcia Dalvi
16:30 - 16:40	251	ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PARA ADEQUAÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL AOS REQUISITOS DA ABNT NBR 15575:2013	Bianca de Andrade Krai, **Fabiana Pires Rosa**, Eduardo Frapiccini and Victório Altair Carara Junior
16:40 - 16:55	DISCUSSÃO		
16:55 - 17:05	481	ANÁLISE DO PROCESSO DE EXPORTAÇÃO DE MODELO DESENVOLVIDO NO REVIT PARA O ENERGYPLUS VIA OPENSTUDIO	**Aline M. F. Araujo**, Sergio Fernando Tavares and Sergio Scheer
17:05 - 17:15	245	A INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS DE OBSTRUÇÃO EXTERNA NA ILUMINAÇÃO NATURAL DE SALAS DE AULA EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES DE SERRA - ES	**Alana Lessa Quezada** and Érica Coelho Pagel
17:15 - 17:25	43	EMPREGO DO GREEN BIM PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO PARA UM ESTABELECIMENTO DE ASSISTÊNCIA DE SAÚDE EM GOIÂNIA - GO	Karla Hora, **Lucas Caldas**, Pablo Paulse, Camilla Silva and Rosa Sposto
17:25 - 17:35	126	A PRODUÇÃO DE HABITAÇÕES MÍNIMAS EM NATAL (RN), BRASIL: UM ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DIMENSIONAL E FUNCIONALIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO	**Priscila Ferreira de Macedo**, Marcelo Bezerra de Melo Tinoco and Ruth Maria da Costa Ataíde
17:35 - 17:50	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno tarde

Sessão 10: Sala E10 103, Coordenador: Prof. Júlio Vargas (UNISINOS)

Urbanismo sustentável - Segurança, mobilidade urbana e acessibilidade

16:00 - 16:10	490	INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA POLUIÇÃO LUMINOSA DA ÁREA CENTRAL DE PORTO ALEGRE	**Rachel Adolpho** and Betina Tschiedel Martau
16:10 - 16:20	79	THE CRISIS OF CITIES AS A CRISIS OF URBAN LIFE AND PUBLIC SPACE	**Roberto Barcelos**
16:20 - 16:30	42	ESTUDO MULTICRITERIAL DA FORMA URBANA EM ÁREA DE ADENSAMENTO URBANO, EM SÃO PAULO	**Karin Marins**, Vinicius de Mello Catto, Martina Pacifici, Rafael Cruz, Quentin Lamour and Ricardo Tierno
16:30 - 16:40	89	ENSAIOS URBANOS PARA O ENTORNO DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS "MINHA CASA MINHA VIDA" NO MUNICÍPIO DA SERRA	**Cynthia Marconsini Loureiro Santos**, Liziane de Oliveira Jorge, Iuri Ferreira Taliuli, Letícia Gobetti Gobetti Marquetti and Lydia Oliveira Drago
16:40 - 16:50	140	ARQUITETURA E URBANISMO FRENTE AOS DESAFIOS DO SÉCULO XXI: UM ESTUDO SOBRE TEORIAS E PRÁTICAS VOLTADAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM HABITAT HUMANO MAIS IGUALITÁRIO E MAIS SUSTENTÁVEL	**Karliane Fonseca** and Marluce Venancio
16:50 - 17:05	DISCUSSÃO		
17:05 - 17:15	286	CIDADES SUSTENTÁVEIS: O BAIRRO DA ILHA PURA NA RIO 2016™	Tairine Cristine Bertola Cruz, **Juliana Lodi Carvalho**, Lucas Domingues Marques and Maria Aparecida Steinherz Hippert
17:15 - 17:25	61	PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO CONTEMPORÂNEO BRASILEIRO, AGENTES E SEGREGAÇÃO: UMA REFLEXÃO TEÓRICA A PARTIR DA PERSPECTIVA DA (IN)SUSTENTABILIDADE	**Roberta Edelweiss** and Marco Aurélio Stumpf González
17:25 - 17:35	332	MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: A INTEGRAÇÃO ENTRE A BICICLETA E O BRT TRANSCARIOCA	**Leticia Q. Silveira**, Victor Andrade and Filipe Marino
17:35 - 17:45	398	CICLISMO URBANO: POLÍTICAS PÚBLICAS E INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA EM NANTES (FRANÇA) E COPENHAGEN (DINAMARCA)	**Maurício Kunz**, Lauro André Ribeiro, Andrea Quadrado Mussi and Alcindo Neckel
17:45 - 17:55	135	AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS DE VALOR SOCIOAMBIENTAL EM BAIRROS HABITACIONAIS	**Karla Conde** and Silvia Pina
17:55 - 18:10	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno tarde

Sessão 11: Sala E10 105, Coordenador: Prof. Claudio Kazmierczak (UNISINOS)

Recursos e resíduos

16:00 - 16:10	405	INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE AGLOMERADOS BASADOS EN RESIDUOS DE ALGODÓN	Romina Argento, Luna Sosa, María Cecilia Balbi, Marianela Ciotti, Maria Fernanda Carrasco, Mirtha Maximino, **Joao Ferreyra** and Ariel Gonzalez
16:10 - 16:20	520	METODOLOGIA PARA COLETA E ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA RECICLAGEM DE PÓ DE ACIARIA ELÉTRICA EM BLOCOS CERÂMICOS	Nicole Silva, **Feliciane Brehm** and Daniela Osório
16:20 - 16:30	252	CIMENTOS DE BAIXA EMISSÃO DE C02 COM EMPREGO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA	**Patricia Guillante**, Júlio César M. Daudt, Aguida G. de Abreu, Marlova P. Kulakowski and Mauricio Mancio
16:30 - 16:40	154	MODELOS DE NEGÓCIOS APLICADOS EM ETEs SUSTENTÁVEIS BASEADAS NOS CONCEITOS DE ECONOMIA CIRCULAR E NEXUS	**Ednilson Felipe** and Thiago Keller
16:40 - 16:55	DISCUSSÃO		
16:55 - 17:05	263	OPORTUNIDADE DE SEQUESTRO DE CARBONO PELO EMPREGO DE AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO CARBONATADO	**Vanessa Oerle Kautzmann**, Tatiane Isabel Hentges and Marlova Piva Kulakowski
17:05 - 17:15	261	SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS PARA REÚSO DE ÁGUA CINZA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL (HIS)	Lea Marina Silva and **Ricardo Franci Gonçalves**
17:15 - 17:25	292	OPÇÕES PARA O APROVEITAMENTO ÁGUA PLUVIAL EM UM SHOPPING CENTER NA REGIÃO METROPOLITANA DE VITÓRIA (ES)	Cozer Angélica Dias, Santana Édipo Nunes and **Ricardo Franci Gonçalves**
17:25 - 17:35	407	ESTUDO DOS RESÍDUOS GERADOS DO REVESTIMENTO EXTERNO DE ARGAMASSA DE UMA OBRA	Elenize Ferreira Maciel, **Paula Lima Salum**, Denise Carpena Coitinho Dal Molin and Angela Borges Masuero
17:35 - 17:50	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno tarde

Sessão 12: Sala E10 106, Coordenadora: Profª. Izabele Colluso (UNISINOS)

Espaços abertos, clima urbano, agricultura urbana e permacultura

16:00 - 16:10	493	A IMPORTÂNCIA E DESAFIOS DOS SOFTWARES NO ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO: VENTILAÇÃO E AERODINÂMICA DAS CONSTRUÇÕES	Cleyton Rosa, Gustavo Reis, Letícia Zambrano and **Guilherme Brandão**
16:10 - 16:20	458	AGRICULTURA URBANA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A AUTOSUSTENTABILIDADE ALIMENTAR EM MUNICIPALIDADES DE PEQUENO PORTE	**Alessandra Paim** and Miguel Aloysio Sattler
16:20 - 16:30	116	REQUALIFICAÇÃO DOS RIOS COMO UM INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE URBANA	Maiara Roberta Santos Morsch and **Juan José Mascaró**
16:30 - 16:45	DISCUSSÃO		
16:45 - 16:55	495	FRAGMENTO NEGLIGENCIADO DA PAISAGEM URBANA REVISITADO EM UMA ABORDAGEM REVERSA ÀS JANELAS QUEBRADAS	Clovis Cunha and **Ana Paula Lyra**
16:55 - 17:05	312	SUSTENTABILIDADE E AGRICULTURA FAMILIAR: O DILEMA DA SUCESSÃO INTERGERACIONAL NO OESTE CATARINENSE	Tomé Coletti
17:05 - 17:15	238	AGRICULTURA URBANA E PROTEÇÃO AMBIENTAL: CONCILIAÇÕES NECESSÁRIAS PARA A PERMANÊNCIA DO GRAMOREZINHO NA ZONA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL 9 EM NATAL/RN.	Camila Medeiros and **Ruth Ataíde**
17:15 - 17:30	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno tarde (continua)

Sessão 13: Sala E10 107, Coordenador: Prof. Maurício Mancio (UNISINOS)

Comunicação rápida - Materiais, componentes, sistemas construtivos

16:00 - 16:20	67	ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DO DESENVOLVIMENTO DE CONCRETO PERMEÁVEL COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E ADIÇÃO DE FIBRAS	**Daniele Benvegnu**, Fernanda Pereira da Costa and Angela Graeff
	99	ANALISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO ACÚSTICO DO CONTRAPISO CONVENCIONAL E PRODUZIDO COM CASCA DE ARROZ COM DIFERENTES REVESTIMENTOS	**Bruna Machado Costa**, Rafael Heissler, Henrique Labres and Marco Aurélio Stumpf Gonzalez
	161	APORTES PARA CORRELACIONAR RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y A EROSIÓN HÚMEDA EN BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC)	**Ariel Gonzales**, Santiago Cabrera, Juan Sosa and Luis Britos
	225	CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE CONTRAPISOS PRODUZIDOS COM POLIURETANO EM SUBSTITUIÇÃO DE AREIA	**Rafael Heissler**, Bianca Cadore, J. R. Pires and Roberto Christ
16:20 - 16:35	DISCUSSÃO		
16:35 - 16:55	84	INFLUÊNCIA DAS FONTES DE DADOS NO CONSUMO E MATRIZ ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA CIMENTEIRA	Daniel Reis, **Pedro Abrão** and Vanderley John
	186	INDICADORES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) COMO FERRAMENTAS DE AUXÍLIO NO CONTROLE DE OBRAS	Cristian Teixeira Marques, **Luciana Londero Brandli** and Pedro Domingos Marques Prietto
	366	REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: A DESCONSTRUÇÃO COMO FORMA DE REAPROVEITAMENTO	**Juliana Lodi Carvalho** and Marcos Martins Borges
	369	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	**Juliana Lodi Carvalho**, Tairine Cristine Bertola Cruz, José Alberto Barroso Castañon and Wilian Daniel Henriques do Amaral
16:55 - 17:05	DISCUSSÃO		

11/05/2017 - QUINTA- FEIRA, turno tarde (continuação)

Sessão 13: Sala E10 107, Coordenador: Prof. Maurício Mancio (UNISINOS)

Comunicação rápida - Materiais, componentes, sistemas construtivos

17:05 - 17:25	374	SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA LAS VIVIENDAS POPULARES DE MEDELLIN	**Harold Valderrama Ruiz** and Alexander González Castaño
	431	ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE CUIABÁ-MT	**Guilherme Barbosa**, Camila Bastos, Raquel Silva and Maria Barreto
	482	POSSIBILIDADES DO EMPREGO DO PAPELÃO ONDULADO PARA SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS NA PRODUÇÃO DE MÓVEIS: LEVEZA E RESISTÊNCIA	**Hilton Fagundes**, Gabriela Pizzato, Jocelise Jacques and Wilson Kindlein Jr.
	11	RECONHECIMENTO DA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO: ESTUDO DE CASO – FACULDADE DE ENGENHARIA DA UFJF	Maria Teresa Barbosa, Paula Fidelis, **Carolina Marinati** and Leticia Rocha
17:25 - 17:40	DISCUSSÃO		
17:40 - 17:55	188	A BORDA URBANA SUSTENTÁVEL: UM OLHAR ATRAVÉS DAS CARTAS PATRIMONIAIS	**Laércio Stolfo Maculan** and Leila Dal Moro
	408	O RIO GRANDE DO SUL E AS FONTES SUSTENTÁVEIS: ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO	Denise de Souza Saad, Danielle de Souza Saad, Marcos Vinicios Machado Machado and **Isis Portolan dos Santos**
	474	ANÁLISE DE UMA EDIFICAÇÃO DE SAÚDE: AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DE UM POSTO DE SAÚDE NA CIDADE DE IJUÍ-RS	**Bruna Calabria Diniz**, Claudia Maria Gonçalves, Tainara Kuyven, Gabriela Pires da Silva, Lia Geovana Sala and Tarcisio Dorn de Oliveira
17:55 - 18:10	DISCUSSÃO		

12/05/2017 - SEXTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 14: Sala E09 105, Coordenadores: Prof. Ariel González (UTN)
e Profª. Cristina de Alvarez (UFES)

Edificações de balanço energético quase nulo, avaliação de sustentabilidade

11:00 - 11:10	463	INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE CASA COM PAREDES DE CONCRETO DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA	Gustavo Moraga, Igor Cruz, **Maurício Torres**, Ana Paula Kirchheim and Ana Passuell
11:10 - 11:20	515	MEDIR LO QUE IMPORTA: INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA DE BARRIOS URBANOS	**Maria Augusta Hermida**, Adriana Quezada and Andrea Parra
11:20 - 11:30	289	ANÁLISE DO EMPREGO DA CERTIFICAÇÃO CRADLE TO CRADLE	**Matheus Verona**, Daniel Reis Medeiros and Fernanda Pacheco
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 11:55	557	MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS HOSPITALARES - SISTEMA DE PESOS PARA O CONTEXTO PORTUGUÊS	Maria de Fátima Castro, Ricardo Mateus and **Luis Bragança**
11:55 - 12:05	556	DISPONIBILIDADE DE INVESTIMENTO EM SOLUÇÕES DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL	Catarina Araújo, Manuela Almeida and **Luiz Bragança**
12:05 - 12:15	244	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UMA VEDAÇÃO DE LIGHT WOOD FRAME EM UMA HABITAÇÃO PARA BRASÍLIA - DF	Rosa Sposto and **Pedro Corrêa de Melo**
12:15 - 12:30	DISCUSSÃO		

12/05/2017 - SEXTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 15: Sala E10 102, Coordenador: Prof. Paulo Wander (UNISINOS)

Energias renováveis em edificações

11:00 - 11:10	49	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS DE DIFERENTE TIPO DE CELDAS A LA ACCIÓN DE LOS SÓLIDOS SEDIMENTABLES, INSTALADOS EN ZONA URBANA	**Norberto Santiago Odobez**, Carlos Hernan Godoy, Ruben Huata and Lucas Loria
11:10 - 11:20	270	DIAGNÓSTICO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE CIDADES GAÚCHAS – ABORDAGEM DO PROJETO PRESUST-RS	**Amanda L. Salvia**, Patrícia Guadagnin, Marcos A. L. Frandoloso and Luciana L. Brandli
11:20 - 11:30	298	ESTUDO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DE DUTO DE LUZ ALIADO AO USO DE HELIOSTATO PARA ILUMINAÇÃO DE EDIFICAÇÕES SUBTERRÂNEAS EM PORTO ALEGRE	**Yasmin de A. Bystronski** and Betina T. Martau
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 11:55	362	ANÁLISE COMPARATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO DE DIFERENTES ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	**Marina S. Memelli**, Regiane P. Roque, Renan B. Soares and Ricardo F. Gonçalves
11:55 - 12:05	394	ANÁLISE NUMÉRICA DA INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA METÁLICA EM RESERVATÓRIOS TÉRMICOS	**Fábio Andrei Bodnar**, Rejane de Césaro Oliveski and José Henrique Nazzi Ehms
12:05 - 12:15	511	USO DA ENERGIA GEOTÉRMICA E FOTOVOLTAICA PARA CONDICIONAMENTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES	**Genyr Kappler**, João Batista Dias, Fernanda Haeberle, Paulo Roberto Wander and Juliana Damasio
12:15 - 12:25	266	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PERFIS DE MORADORES PERANTE AO USO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO RIO GRANDE DO SUL	**Thiago Miranda dos Santos**, Márcio Felipe Floss and Vera Maria Cartana Fernandes
12:25 - 12:40	DISCUSSÃO		

12/05/2017 - SEXTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 16: Sala E10 103, Coordenadora: Profª. Akemi Ino (USP)

Habitação social urbana e rural: tecnologias e culturas construtivas

11:00 - 11:10	96	A PERSONALIZAÇÃO DE FACHADAS NA COMUNIDADE PAC/ANGLO, EM PELOTAS/RS	**Liziane O. Jorge**, Nirce S. Medvedovski, Cynthia Santos, Jhonathan Sousa and Fabricio Sanz Encarnação
11:10 - 11:20	100	MODIFICAÇÃO DA HABITAÇÃO: UMA AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO NO CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL EWERTON MONTENEGRO GUIMARÃES EM VILA VELHA – ES	Bruna Merisio, **Cynthia Marconsini** and Liziane Jorge
11:20 - 11:30	257	AVALIAÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL PRODUZIDA POR SISTEMA CONSTRUTIVO INOVADOR EM SVVIE DE PVC SOBRE OS PRECEITOS DA SINAT004	Vinicius Ortolan, Cristyan Rissardi, Camila Souza, **Pedro Leuck** and Jordan Kaspary
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 11:55	264	DESEMPENHO TÉRMICO x SUSTENTABILIDADE x CUSTO PARA SISTEMAS DE VEDAÇÃO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL	Jéssica Machado, Edna Rodrigues and **Cristina Alvarez**
11:55 - 12:05	409	SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES DO SÉCULO XIX: O CASO DAS HABITAÇÕES RURAIS DO SERIDÓ NORTE-RIO-GRANDENSE	**Ariane Borges** and José Clewton do Nascimento
12:05 - 12:15	447	HABITAÇÃO SOCIAL : O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA COMO VETOR DE EXPANSÃO URBANA	Wagner Mazetto de Oliveira, **Rosa Maria Locatelli Kalil**, Adriana Gelpi, Jaqueline Becker Fengler and João Henrique Cenci
12:15 - 12:25	485	APRIMORAMENTO DA EXECUÇÃO DE MORADIAS AUTÓCTONES EM ALDEIA GUARANI ATRAVÉS DE ESTUDOS GEOTÉCNICOS DO SOLO LOCAL	Tatiane Isabel Hentges, **Robson Eduardo da Rosa**, Renan Rhoden Monteiro, Jeferson Spiering Böes and Mauricio Mancio
12:25 - 12:40	DISCUSSÃO		

12/05/2017 - SEXTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 17: Sala E10 106, Coordenadora: Profª. Karina Latosinski (UFMS)

Inovação e melhoria nos materiais e sistemas construtivos

11:00 - 11:10	282	QUANTIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS	**Paloma K. Rocha**, Thaynara R. Tancredi and Maria Fernanda Menna Barreto
11:10 - 11:20	45	A DURABILIDADE DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA E DE COBERTURA DA EMEI DA VILA SANTA ROSA	Fabiano Silva Soares, **Tatiana Damazio** and Bernardo Fonseca Tutikian
11:20 - 11:30	5	A EFICIÊNCIA DOS TELHADOS VERDES NO ESCOAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL	Karin Daniela Hermann, Marcelo Oliveira Caetano, Isabela da Silva, **Léa Beatriz Dai Prá** and Luciana Paulo Gomes
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 11:55	178	INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONFECÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PERMEÁVEL PARA PAVIMENTAÇÃO	**Newton Avila**, Junior Jung, Daiana Arnold, Adriana Silva, Cassio Silva and Leticia Lange
11:55 - 12:05	185	SOLO-CIMENTO: AVALIAÇÃO QUANTO À SUSTENTABILIDADE E HABITABILIDADE SEGUNDO A NBR 15.575	Giane de Campos Grigoletti, **Priscila Giorgi** and Rogério Cattelan Antocheves de Lima
12:05 - 12:15	274	COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE PISOS PERMEÁVEIS PARA USO EXTERNO ATRAVÉS DE MÉTODO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO	**Wilian Amaral**, Guilherme Brandão, Beatriz Luchini and Maria Aparecida Hippert
12:15 - 12:30	469	ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PROTEÇÃO DO CIMENTO COM ADIÇÃO DE SÍLICA ATIVA SOB AÇÃO DE CO2 E ÍONS CLORETOS	Ariane da Silva Cardoso, **Raiza Silva Bezerra**, Eliana Cristina Barreto Monteiro and Ângelo Just da Costa e Silva
12:25 - 12:40	DISCUSSÃO		

12/05/2017 - SEXTA- FEIRA, turno manhã

Sessão 18: Sala E10 107, Coordenador: Prof. Nicolás Palermo (UFRGS)

Comunicação rápida: projeto e edificação

11:00 - 11:30	123	ESTUDO DE CASO: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS PARA ADEQUAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED NÍVEL PRATA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL	Emanuelle G. Dias, **Paulo C. Rodrigues**, Brisa do Mar O. do Nascimento and Luiz Maurício F. Maués
	346	IMPACTOS DA CERTIFICAÇÃO LEED NO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL – ESTUDO DE CASO	Allana Wendling Balen and **Daniel Medeiros**
	343	AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE PROJETO ADOTADAS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO INSTITUCIONAL POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	**Augusto Gil,** Matheus Dilly, Josiane Pires, Marco Aurélio Gonzalez and Bernardo Tutikian
	323	HOSPITAIS MAIS SUSTENTÁVEIS: RELAÇÕES ENTRE A NORMATIVA BRASILEIRA PARA EAS E OS PROCESSOS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL	**Paula Tigre**, Érica Dall'Asta and Daniel Medeiros
	388	PROTOTIPAGEM DIGITAL PARAMÉTRICA ORIENTADA AO DESIGN EMERGENCIAL – O CASO DO DESASTRE AMBIENTAL MG/ES	**Bruno Rocha** and Leonardo Venancio
	35	ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA NBR 15575 NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE	Bruna Liliane Brenner, **Marco Aurelio Stumpf Gonzalez** and Matheus Sbardelotto Baldo
11:30 - 11:45	DISCUSSÃO		
11:45 - 12:15	66	DESEMPENHO TÉRMICO DE UM AMBIENTE CONSIDERANDO O USO DE PRATELEIRAS DE LUZ	**Ary Rodrigues Alves Netto**, Douglas Barreto, Maria Akutsu and Adriana Camargo de Brito
	262	ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO DO SAGUÃO DO EDIFÍCIO VILA PENTEADO	Carolina A. Alves, **Aparecida A. B. Ghosn**, Nathália Lorenzetti, Amanda P. Pinha, Mariana A. Proença and Priscila W. S. Silva
	68	REQUISITOS DE QUALIDADE PARA O PROJETO DA NORMA BRASILEIRA DE PAREDES DE TAIPAS DE PILÃO	**Isabela Maria Carvalho Iunes**, Ana Paula da Silva Milane and Andrea Naguissa Yuba
	152	PERCEPÇÃO DE VALOR SOBRE A TAIPA DE PILÃO	**Laura Carolina Rodrigues Guerra,** Andrea Naguissa Yuba and José Carlos de Jesus Lopes
	247	PERCEPÇÃO DE NÃO USUÁRIOS SOBRE O MÉTODO CONSTRUTIVO EM LIGHT STEEL FRAMING	**Alan Dellon N. Souza** and Maria Fernanda F. Menna Barreto
	324	ELEMENTOS DE SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA VERNACULAR NO BRASIL	**Bruna Dal Agnol** and Caliane C. O. de Almeida
	507	REAPROVEITAMENTO DA CONCHA DE MARISCO COMO AGREGADOS EM ARGAMASSAS E CONCRETOS NÃO ESTRUTURAIS	Andre Santos, Ronaldo Faustino, **Yuri Moraes**, Angelo Silva and João Mota
12:15 - 12:30	DISCUSSÃO		

12/05/2017 - SEXTA- FEIRA, turno manhã (continua)

Sessão 19: Sala E10 108, Coordenadora: Profª. Luciana Brandli (UPF)

Comunicação rápida: questões urbanas, avaliação de sustentabilidade e eficiência energética

11:00 - 11:35	19	URBANISMO SUSTENTÁVEL E PATRIMÔNIO CULTURAL	Caroline Zenato and **Ana Lúcia Goelzer Meira**
	95	QUALIDADE DAS VISTAS A PARTIR DE EDIFÍCIOS ALTOS	**Debora Gregoletto** and Antônio Tarcisio Reis
	97	URBANISMO SUSTENTÁVEL: REQUALIFICAÇÃO DO ASSENTAMENTO PRECÁRIO DO VALE DOS GUEDES	**Laura Granja** and Letícia Maria de Araújo Zambrano
	108	ESTRATÉGIAS REGENERATIVAS PARA BAIRROS DE PEQUENOS MUNICÍPIOS: ESTUDO DE CASO EM FELIZ/ RS	Paula Franceschini and Paula Moura
	383	MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA PROJETOS RESIDENCIAIS	**Ednilson Felipe**, Natália Dias and Jardel Lago
	410	AGRICULTURA URBANA COMO ELEMENTO INTEGRANTE DA INFRAESTRUTURA SUSTENTÁVEL: A SITUAÇÃO NO BRASIL E EM PORTUGAL	Juan José Mascaró and Bianca Vargas Acunha
	182	UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS PARA CONFECÇÃO DE MOBILIÁRIO URBANO	**Leticia Lange**, Daiana Cristina Metz Arnold, Adriana Teresinha da Silva, Vanusca Dalosto Jahno, Júlia Heloísa Striving and Lisiane Heinen Fernandes
11:35 - 11:50	DISCUSSÃO		

12/05/2017 - SEXTA- FEIRA, turno manhã (continuação)

Sessão 19: Sala E10 108, Coordenadora: Profª. Luciana Brandli (UPF)

Comunicação rápida: questões urbanas, avaliação de sustentabilidade e eficiência energética

11:50 - 12:25	226	AÇÕES SUSTENTÁVEIS NA REFORMULAÇÃO DE ESPAÇOS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	**Evanisa Fátima Reginato Quevedo Melo**, Luise Tainá Dalla Libera, Isadora Roman Marsiglio and Laura Bortoncello
	318	UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS SÓCIO-CULTURAIS NAS RENOVAÇÕES DE ÁREAS VERDES URBANAS DE PASSO FUNDO	**Evanisa Fatima Reginatto Quevedo Melo**, Melina Sincas Kressin, Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Dionatan Gassen Grando and Lucas Mânica Destri
	212	DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, PÚBLICAS E DE SERVIÇOS EM CIDADE MÉDIA DA ZONA BIOCLIMÁTICA 2	**Elisa de Moura Scortegagna**, Rosa Maria Lacatelli Kalil, Rodrigo Carlos Fritsch and Jaqueline Peglow
	355	APLICAÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS: ANÁLISE SOBRE O PAC DO MACIÇO - FLORIANÓPOLIS, SC.	**Alessandra Rodrigues Vieira de Castro** and Orlando Vieira de Castro Junior
	275	A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E A ARQUITETURA: METODOLOGIA DE ACV COMO FERRAMENTA DE DECISÃO DE PROJETO	**Tathiana do Nascimento Carvalho** and Marcos Martinez Silvoso
	441	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE ÁREAS VERDES URBANAS: O CASO DO PARQUE DA CRIANÇA EM CAMPINA GRANDE/PB	Daniel Araújo, Nayara Gonçalves, Priscila Souza, Juliana Morais and Carlos Galvão
	544	MODELO DE GERAÇÃO COOPERATIVA PARA ATENDIMENTO DO CONSUMO ENERGÉTICO DAS ÁREAS DE LAZER PÚBLICAS DE SANTA MARIA/RS	Willian Magalhães de Lourenço, Evelyn Paniz, Maraysa Woloszyn and Ísis Portolan dos Santos
12:25 - 12:40	DISCUSSÃO		

EDIFICAÇÕES DE BALANÇO ENERGÉTICO QUASE NULO, FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO PARA MATERIAIS, EDIFICAÇÕES E ESPAÇOS URBANOS

REALIZAÇÃO: PROMOÇÃO: APOIO / PATROCÍNIO:

SUMÁRIO

22. ANÁLISE DA ENERGIA INCORPORADA EM EDIFICAÇÕES VERTICAIS 41

29. ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO - PORTO ALEGRE, BRASIL, PELO MÉTODO PROCEL EDIFICA 53

50. AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CERÂMICA E DAS ROCHAS ORNAMENTAIS ATRAVÉS DA FERRAMENTA ISMAS..... 63

57. OCCUPATIONAL RATE AND GLOBAL WARMING POTENTIAL: CASE STUDY OF A SCHOOL BUILDING IN GOIANIA CITY 75

66. DESEMPENHO TÉRMICO DE UM AMBIENTE CONSIDERANDO O USO DE PRATELEIRAS DE LUZ 85

73. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE EMISSÕES DE CO_2 DE DIFERENTES TIPOS DE TELHADO VERDE..... 95

80. CERTIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO DO CAMPUS ALTO PARAOPEBA 105

84. INFLUÊNCIA DAS FONTES DE DADOS NO CONSUMO E MATRIZ ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA CIMENTEIRA 117

88. METABOLISMO URBANO E FLUXOS DE RESÍDUOS EM PEQUENOS MUNICÍPIOS: AVANÇOS METODOLÓGICOS NA ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS 129

123. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS PARA ADEQUAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED NÍVEL PRATA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL 141

134. COMO VOCÊ MORA: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE HABITAÇÕES 153

135. AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS DE VALOR SOCIOAMBIENTAL EM BAIRROS HABITACIONAIS 165

138. ACVCO_2 DE VEDAÇÕES VERTICAIS: UM ESTUDO DE CASO DE PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO..... 175

149. O EFEITO DA INCORPORAÇÃO DA BORRACHA DE RESÍDUO DE PNEU NO IMPACTO AMBIENTAL DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL: UMA ABORDAGEM DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA..... 187

160. AVALIAÇÃO DE ENERGIA E CO_2 INCORPORADOS NA FASE PRÉ-OPERACIONAL DE EDIFICAÇÕES UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM 199

187. AVALIAÇÕES DINÂMICAS DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO PROTÓTIPO DE CASA POPULAR EFICIENTE DA UFSM..... 209

212. DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EMEDIFICAÇÕES COMERCIAIS, PÚBLICAS E DE SERVIÇOS EM CIDADEMÉDIA DA ZONA BIOCLIMÁTICA 2 219

243. ENERGIA INCORPORADA E EMISSÕES DE CO_2 NA FASE DE PRÉ-USO EM ALVENARIA DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO PARA HABITAÇÕES EM BRASÍLIA 229

244. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UMA VEDAÇÃO DE LIGHT WOOD FRAME EM UMA HABITAÇÃO PARA BRASÍLIA - DF 239

260. APLICAÇÃO DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY NA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES 249

262. ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO DO SAGUÃO DO EDIFÍCIO “VILA PENTEADO” 259

275. A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E A ARQUITETURA: METODOLOGIA DE ACV COMO FERRAMENTA DE DECISÃO DE PROJETO 271

277. ANÁLISE DO USO DA VEGETAÇÃO NAS CERTIFICAÇÕES LEED DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS NO BRASIL 285

289. ANÁLISE DO EMPREGO DA CERTIFICAÇÃO CRADLE TO CRADLE 297

323. HOSPITAIS MAIS SUSTENTÁVEIS: RELAÇÕES ENTRE A NORMATIVA BRASILEIRA PARA EAS E OS PROCESSOS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL 309

343. AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE PROJETO ADOTADAS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO INSTITUCIONAL POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL 319

346. IMPACTOS DA CERTIFICAÇÃO LEED NO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL – ESTUDO DE CASO 331

355. APLICAÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS: ANÁLISE SOBRE O PAC DO MACIÇO - FLORIANÓPOLIS, SC 341

357. IMPACTOS INCORPORADOS AO CICLO DE VIDA DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR DO PROGRAMA MCMV 351

385. INDICADORES DE VULNERABILIDADE COMO SUBSÍDIO ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS À GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES 361

463. INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE CASA COM PAREDES DE CONCRETO DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA 373

502. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREA DE RECREAÇÃO LINDEIRA À UM RIO NO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL 385

515. MEDIR LO QUE IMPORTA: INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA DE BARRIOS URBANOS 395

557. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS HOSPITALARES - SISTEMA DE PESOS PARA O CONTEXTO PORTUGUÊS 405

22. ANÁLISE DA ENERGIA INCORPORADA EM EDIFICAÇÕES VERTICAIS

BRENNER, Sofia Brusius[1](sofiab.brenner@hotmail.com); GONZÁLEZ, Marco Aurelio Stumpf[1] (mgonzalez@unisinos.br)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
**Autor de correspondência*

RESUMO
A indústria da construção tem grande responsabilidade ambiental, em função da quantidade de recursos consumidos pelo setor. Todos os materiais de construção têm impactos ambientais durante o seu processo de produção, mas os projetistas podem escolher materiais e técnicas com menor impacto dentre as opções viáveis. É importante medir o impacto, e uma medida que vêm sendo utilizada para esta função é a Energia Incorporada (EI), que considera a energia necessária para extração, produção, transporte e aplicação em obra dos insumos necessários para a construção. O estudo visa estimar a energia incorporada em edificações residenciais. Este trabalho foi desenvolvido com base em estudo de projetos de dois edifícios residenciais, de características típicas, em São Leopoldo, Brasil. Foi considerada a energia incorporada em materiais, além das estimativas para instalações elétricas e hidrossanitárias, bem como para mão de obra, as quais normalmente não têm sido incluídas em estudos de EI. Os resultados indicaram que as Energias Incorporadas nas duas edificações foram de 4,19 GJ/m² e 3,70 GJ/m². As medidas para os materiais foram de 3,57 GJ/m² e 3,15 GJ/m², representando 86% do total, enquanto que as estimativas referentes à mão de obra atingiram 0,60 GJ/m² e 0,53 GJ/m², cerca de 14%. O estudo contribui para a compreensão do impacto dos insumos na construção civil.
Palavras-chave: Construção civil; sustentabilidade; projeto; energia incorporada.

ANALYSIS OF EMBODIED ENERGY IN VERTICAL BUILDINGS

ABSTRACT
The construction industry has a great environmental responsibility because uses a large of resources. All building materials have some environmental impacts during their production process, but designers can choose the materials and techniques with less impact among the viable options. It is important to assess the environmental impact, and one of the measures being used is the Embodied Energy (EE), which considers the energy required for extraction, production, transport and application at work of the necessary resources. This study aims to estimate the embodied energy in residential buildings. This work was based on a study of projects of two typical residential buildings, in São Leopoldo, Brazil. It was included estimates for materials, as well as electrical and hydrosanitary facilities and manpower, which commonly are not included in this kind of study. Our results indicated EE of 4.19 GJ/m² and 3.70 GJ/m² on studied buildings. Figures to materials reach 3.57 GJ/m² and 3.15 GJ/m², indicating 86% of total EE, as well as workmanship measures, were 0.60 GJ/m² and 0.53 GJ/m², around of 14%. The study contributes to the understanding of the impact of inputs in construction.
Keywords: Construction; sustainability; design; embodied energy.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil brasileira necessita avanços em termos de reduzir o consumo de energia e os impactos ambientais vinculados ao setor. São atividades do setor todas aquelas relacionadas às edificações, incluindo extração de matérias primas, fabricação de materiais de construção, realização da obra, manutenção e consumo de materiais bem como o consumo de energia ao longo de sua vida útil e para demolição. Alguns dos setores industriais que mais consomem energia no Brasil são relacionados com a produção de cimento, cerâmica, metais não ferrosos, aço, produtos químicos e mineração, relacionados em algum grau com a indústria da construção. Estes setores, associados, utilizam 75% da energia proveniente de fontes não renováveis (TAVARES,2006).

Uma quantidade significativa de energia é consumida na produção, transporte e aplicação de materiais de construção. Assim, a escolha de materiais e componentes de menor impacto pode ser feita com base na análise da energia utilizada para a produção. Seguindo este raciocínio, os melhores materiais podem ser considerados como sendo os que consomem menos energia em seus processos de produção e aplicação na construção (GUERRERO; MELÉNDEZ, 2015).

1.1 Energia incorporada no setor da construção civil

Alguns estudos indicam que a energia consumida em uma edificação residencial, ao longo de 50 anos, é aproximadamente quatro vezes a energia incorporada em sua estrutura (PULLEN, 2000). Todos os materiais têm algum impacto ambiental e ainda não há métodos para avaliar com precisão o impacto total de um edifício. Mesmo a análise dos materiais, considerados individualmente, é complexa. Para esses autores, a energia incorporada é uma das medidas mais importantes para avaliar o impacto ambiental. No caso de países desenvolvidos, isso ocorre por causa do uso de energia não-renovável, que é uma das responsáveis pela liberação de CO_2 e de outras emissões (ROAF; FUENTES; THOMAS, 2014). No Brasil, há outras variáveis a serem consideradas. As distâncias de transporte são maiores e geralmente ocorre por modais rodoviários. Por outro lado, grande parte da energia consumida no país é gerada em hidroelétricas, as quais tem impacto ambiental menor do que a energia proveniente de combustíveis fósseis.

A energia incorporada pode ser definida como a quantidade de energia consumida para a produção de um produto, material ou construção, e podem ser incluídos os passos de extração da matéria-prima, e o transporte para a distribuição do produto no mercado (GAUZIN-MULLER, 2002). Segundo González et al. (2014), a energia consumida no ambiente construído pode ser dividida em duas categorias:

- A energia inicial consumida na produção do edifício, incluindo a energia necessária para a produção e transporte de materiais, a montagem ou a aplicação no trabalho;
- A energia necessária para a operação e manutenção do edifício ao longo do ciclo de vida e para a demolição e remoção de resíduos, ao final.

Devem ser estudadas as duas parcelas, e as definições de projeto na escolha de materiais de impacto sobre ambas. Em conformidade com este aspecto, considera-se a energia utilizada na produção dos materiais de construção e também a utilizada na edificação e manutenção do prédio, para se desconstruir, ou reciclar, os próprios materiais (TAVARES, 2006).

A energia incorporada inicial representa a energia consumida na aquisição de matérias-primas, processamento, fabricação, transporte e a própria construção. Esta energia tem dois componentes, diretos e indiretos. O primeiro refere-se à energia utilizada para o transportar os

insumos até a obra e, em seguida, a construção do edifício. A segunda refere-se à energia utilizada para obter, processar e fabricar os insumos da construção, ademais, também se inclui os transportes relacionados a estas atividades (ARAOS, 2010; TAVARES, 2006).
A energia incorporada recorrente, que representa a energia não renovável consumida para manter, reparar, restaurar, restaurar ou substituir equipamentos, componentes ou sistemas durante a vida útil do edifício. Chegando ao término do edifício, há demolição, restauração e reciclagem ou eliminação adequada dos materiais envolvidos, também com consumo de energia (ARAOS, 2010).

1.2 Energia incorporada nos materiais

A análise do ciclo de vida (ACV) é muito ampla, se considerada em todos os aspectos e possibilidades. Um estudo pode se referir à energia incorporada de uma janela, de um tijolo, ou até mesmo de toda a edificação. Desta forma, geralmente há uma delimitação dos elementos que devem ser incluídos. Como se torna muito ampla a avaliação do total de energia incorporada, e devido à falta de bases de dados necessários para uma análise completa, alguns itens não são abrangidos, tais como a energia para a produção de ferramentas, produção da própria energia (diesel e eletricidade), para movimentação de insumos através de guindastes e elevadores, entre outros (GONZÁLEZ et al., 2014). A Tabela 1 informa os valores de Energia Incorporada para alguns materiais.
Alguns materiais utilizados, tais como cimento e aço, são produzidos em outros locais e transportados para o canteiro de obras. Em função das grandes distâncias e do uso de via rodoviária, aspectos comuns no Brasil, a energia de transporte torna-se relevante (GONZÁLEZ et al., 2014).
No caso em estudo, o aço considerado provém da siderúrgica local, que atua com expressiva parcela de reciclagem (aproximadamente 70%), atingindo EI de 130.250 GJ/m^3. Em outros locais, a energia incorporada no aço pode ser bastante superior (na literatura citada, encontra-se 235.500 GJ/m^3). Da mesma forma, cimento e concreto produzidos na região beneficiam-se do uso de cinza de carvão, formando cimento pozolânico, que também apresenta EI menor do que os cimentos produzidos em outros locais (GONZALEZ et al., 2014).
Alguns autores, tais como Asif; Muneer; Kelley (2007), Chel e Tiwari (2009), Gao et al. (2001), Thormark (2002), e Venkatarama-Reddy e Jagadish (2003) estudaram a EI em edificações unifamiliares, encontrando valores entre 1,6 GJ/m^2 e 2,8 GJ/m^2.
No Brasil, Tavares (2006) analisou alguns casos que simulam as principais características físicas e ocupacionais das edificações residenciais brasileiras considerando um ciclo de vida de 50 anos, para a determinação do consumo energético dos eventos significativos. Considerou os fatores de energia incorporada nos materiais de construção, o custo energético dos transportes, o desperdício da aplicação dos materiais na obra, os fatores de reposição dos materiais ao longo do ciclo de vida e os respectivos transportes. O primeiro caso examinado por esse autor é uma edificação unifamiliar de baixa renda. A área construída é de 63 m², com estrutura de concreto armado e paredes de blocos cerâmicos de 8 furos. Esse caso apresentou uma EI de 4,63 GJ/m^2.

Tabela 1. Energia incorporada em alguns materiais

Materiais	**EI (MJ/m³)**
Aço - CA 50A	235.500
Aço - CA 50A – com parcela de reciclagem	130.250
Alumínio anodizado	567.000
Arame galvanizado	4.750
Areia	75,7
Argamassa – pré-misturada	3.906
Bloco cerâmico – 19x19x39	3.800
Bloco cerâmico – 10x15x20	4.300
Borracha natural - látex	63.480
Borracha sintética	160.650
Brita	247,5
Cal hidratada	4.500
Cerâmica vermelha - bloco de 8 furos	4.060
Cerâmica vermelha - telha	10.260
Cerâmica – pisos e azulejos	10.200
Cimento Pozolânico	7.250
Cimento Portland	9.200
Cobre	669.975
Concreto	2.760
Ferro fundido	246.000
Fibra de vidro	768
Fibrocimento - telha	11.520
Fio termoplástico – cobre e plástico	201.690
Gesso	3.200
Granito	5.400
Lã mineral	2.090
Madeira – escoras eucalipto	180
Madeira – aparelhada e seca ao ar livre	300
Madeira – compensado resinado	9.000
Mármore	2.680
Massa corrida	56.800
Placa de gesso - forro	4.500
Poliamida - nylon	143.750
Poliestireno expandido	6.160
Polietileno de alta densidade	90.250
Polipropileno	92.180
Poliuretano	44.400
Pregos	3.925
PVC	104.000
Solvente - tolueno	74.690
Tinta acrílica	79.300
Tinta óleo	127.530
Tinta PVA látex	84.500
Vidro plano liso	46.250

Fonte: Adaptado de Tavares (2006) e González et al. (2014).

Sposto; Paulsen (2014) analisaram dados de energia incorporada no ciclo de vida de uma Habitação de Interesse Social do Programa Minha Casa Minha Vida. Esse estudo analisou a primeira fase do Ciclo de Vida, a fase de pré-uso. Essa fase engloba todos os impactos até o estágio de execução final da obra, isto é, quando a edificação é concluída e entregue para ser utilizada. O prédio pesquisado é uma edificação unifamiliar, com área total construída de 48m². Essa edificação tem paredes de blocos cerâmicos com função estrutural. Em seus pilares e vigas foi utilizado concreto. Nessa analise não foram incluídas as fundações e instalações, tanto elétricas quanto hidráulicas, resultando em uma energia incorporada de 3,15 GJ/m^2.
Em termos de edificações verticais, também existem alguns estudos. Venkatarama-Reddy e Jagadish (2003) encontraram 4,21 GJ/m^2 para edificações com estrutura de concreto e alvenaria de blocos cerâmicos. Tavares (2006) analisou duas edificações multifamiliares de baixa renda. Uma tem área total construída de 1.240 m², com estrutura de concreto armado e paredes internas e externas com blocos de concreto, atingindo EI de 4,04 GJ/m^2. Outro caso é de uma edificação multifamiliar de média renda, com área construída de 4.340 m², estrutura de concreto armado e paredes construídas com blocos cerâmicos de 8 furos. Essa edificação apresentou EI de 4,83 GJ/m^2.
Verifica-se que a EI encontrada em estudos sobre residências unifamiliares no Brasil é maior, representando o dobro de estudos realizados em outros países. Entretanto, em relação aos edifícios, os valores são similares, variando de 4,0 a 4,8 GJ/m^2. Parte das diferenças provavelmente é ocasionada por diferença de critérios e das energias incorporadas de cada local. Entretanto, há razoável similaridade entre as medidas.
Em relação à mão de obra, Guerrero; Meléndez (2015) seguiram a metodologia proposta por Solís-Gusmán; Marrero; Ramírez (2013), que avaliou a pegada ecológica da construção e propôs medidas para calcular a energia incorporada na alimentação dos trabalhadores, apontando 50,81 MJ por hora trabalhada. Guerrero; Meléndez (2015) examinaram o total de horas de trabalho através de orçamento discriminado e incluiu o transporte dos trabalhadores até a obra, considerando o deslocamento por carro para quatro trabalhadores por viagem com um trajeto de 30 km. Desta forma, o transporte acrescentou 0,10 MJ/h. Ao final, a energia calculada por Guerrero; Meléndez (2015) atingiu 50,91 MJ/h.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é calcular e analisar a energia incorporada em edificações verticais, examinando a energia em materiais, mão de obra e transportes. Destaca-se que este trabalho inclui instalações hidrossanitárias e elétricas, bem como mão de obra, elementos que raramente são encontrados na literatura.

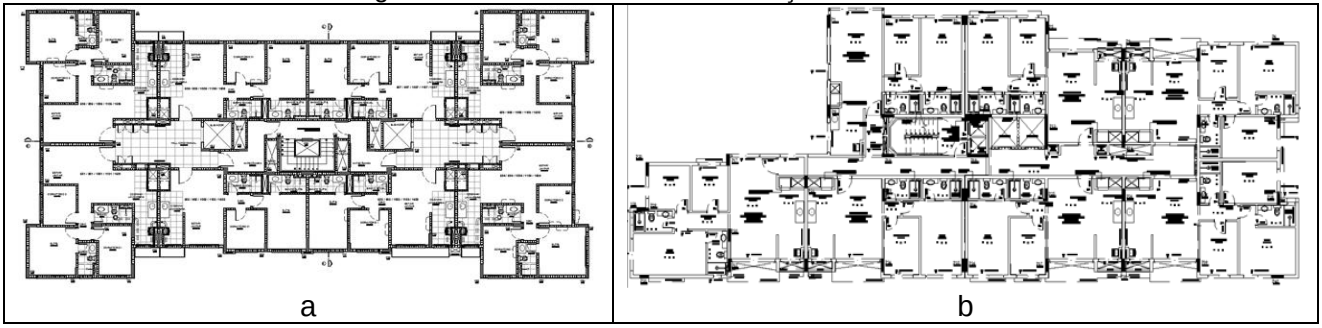
3. METODOLOGIA

O trabalho é baseado em estudos de caso, tendo sido escolhidos dois projetos de edifícios residenciais típicos. As edificações foram construídas em São Leopoldo, cidade distante 35 km de Porto Alegre, no sul do Brasil. O sistema construtivo de ambos é composto de concreto armado para a estrutura do edifício (pilares, vigas e lajes). As paredes foram construídas de blocos cerâmicos. Os demais elementos construtivos são similares.
O edifício A é uma construção com acabamentos de médio-alto padrão. A edificação é formada por pavimento térreo, estacionamento para veículos, 14 pavimentos-tipo (2º ao 15º pavimento), e

um pavimento para casa de máquinas e reservatórios superiores. Os apartamentos são de um, dois ou três dormitórios, com áreas de 55 m^2 a 77 m^2 (Figura 1-a).

O edifício B também segue um padrão médio-alto. A edificação constitui-se de pavimento térreo, 9 pavimentos-tipo (2º ao 10º pavimento). No 11º pavimento está a cobertura, que também contêm apartamentos, e em seguida há um pavimento de casa de máquinas e reservatórios superiores. Os apartamentos de dois ou três dormitórios, com áreas de 60 m^2 a 75 m^2 (Figura 1-b).

Figura 1 - Plantas-baixas das edificações estudadas



Para a obtenção dos resultados foram realizados os cálculos dos quantitativos das atividades e insumos necessários para construir os edifícios. Para o cálculo desses quantitativos foram utilizados memoriais descritivos, plantas-baixas e cortes. Após os cálculos preliminares, foi possível montar a composição dos elementos construtivos da edificação, divididos em grupos, tais como: Serviços Preliminares; Fundações; Estruturas; Fechamentos; Revestimentos de parede; Pavimentações; Esquadrias; Pinturas, Cobertura; Louças Sanitárias e Metais; Instalações Hidrossanitárias e Elétricas. As composições unitárias de custos adotadas seguem a TCPO (PINI, 1996), que é uma referência tradicional para orçamentos discriminados. Com base nas composições, foram calculadas as quantidades para cada insumo presente no projeto. O estudo considerou uma obra situada em região central do município de São Leopoldo. O posicionamento da obra é importante para o cálculo das distâncias de transporte.

Para considerar as energias incorporadas em cada edificação, foram utilizados os dados da Tabela 1. Alguns materiais, equipamentos, mão-de-obra e transporte não foram encontrados na literatura, então foram estimados, utilizando catálogos de fabricantes ou analogia com materiais similares. A energia necessária para movimentação dos equipamentos e para o transporte de materiais e de mão de obra está incluída nos totais calculados.

Para calcular a Energia Incorporada na mão de obra, transporte e alimentação dos funcionários, foram realizadas estimativas de tempo necessário para execução de cada item da obra, utilizando as informações da TCPO (PINI, 1996).

Foi realizada uma estimativa para a energia incorporada na mão de obra, partindo das referências encontradas. Guerrero; Meléndez (2015) consideraram o transporte por carro, com quatro trabalhadores. Contudo, na região de São Leopoldo, é mais comum o deslocamento dos funcionários por ônibus.

Como se trata de obra convencional, não é necessário contratar trabalhadores especializados, e pode-se considerar que toda a mão de obra seria contratada no próprio município de São Leopoldo. Ademais, em função do nível socioeconômico dos trabalhadores na construção civil, em geral os trabalhadores residem nas regiões periféricas da cidade. Considerando as dimensões de

São Leopoldo, estipulou-se uma distância média de 10km para o trajeto residência-obra (20km diários).
Verificou-se a frota das principais companhias que atuam na cidade e as distâncias médias de deslocamento dos bairros periféricos ao local da obra. A maior parte dos ônibus utilizados pelas empresas locais pode ser classificada como veículos leves (de 30 a 50 passageiros), com consumo médio de 2,7 km/l.
Os horários de deslocamento considerados foram 7h-7h30 (residência-obra) e 18h-18h30 (obra-residência). Nestes horários, os veículos normalmente estão totalmente ocupados quando chegam às regiões centrais, embora saiam dos bairros com menor número de passageiros. Considerou-se uma lotação média de 40 passageiros. Considerando que um litro de combustível (diesel) representa 35,86 MJ, pode-se calcular a energia de transporte dos empregados em 0,75 MJ por hora trabalhada.
O gasto de energia para a alimentação dos trabalhadores foi estimado em 3.000 kcal por dia (12,5 MJ/dia). A jornada de trabalho normal na região é de 8,8h/dia (44h semanais em 5 dias). O horário de trabalho considerado foi de 8h-18h, com intervalos para almoço, lanches da manhã e da tarde. Considerando ainda 1h de deslocamento, o tempo dedicado ao trabalho representa aproximadamente 50% de um dia; porém os esforços no trabalho indicam que o consumo da energia absorvida na alimentação representa 75% do total. Desta forma, a alimentação corresponde a 1,43 MJ/h.
Reunindo as energias de transporte e alimentação, foi considerado um consumo de energia por hora trabalhada de 2,18 MJ/h.

4. RESULTADOS

Apresenta-se a seguir os valores obtidos para EI, através das quantidades necessárias de cada insumo, calculadas com base nos projetos examinados e na TCPO (PINI, 2014). Como indicado anteriormente, a energia referente ao transporte e aos equipamentos necessários está incluída nas energias indicadas para materiais e mão de obra.
A Tabela 2 sintetiza os resultados obtidos. A edificação A apresentou um total de EI de 38.021,04 GJ. Sendo a área construída de 9.068 m², a EI unitária é de 4,193 GJ/m². A edificação B corresponde a uma EI de 22.449,65 GJ. A área construída é de 6.071 m², com EI unitária de 3,698 GJ/m².
Analisando os componentes dessa energia, verifica-se que a Energia Incorporada nos materiais de construção atingiu um total de 3,574 GJ/m² na Edificação A e para a Edificação B totalizou 3,154 GJ/m². Por outro lado, a Energia Incorporada na mão de obra indicou valores de 0,602 GJ/m² e 0,529 GJ/m², para os projetos A e B, respectivamente.

Tabela 2 – Síntese da Energia Incorporada nas edificações estudadas

Edificação	Área	Edificação		Materiais		Mão de obra	
	(m^2)	Total (GJ)	Unitária (GJ/m^2)	Total (GJ)	Unitária (GJ/m^2)	Total (GJ)	Unitária (GJ/m^2)
A	9.068	38.021,04	4,193	32.562,83	3,574	5.458,21	0,602
B	6.071	22.449,65	3,698	19.235,75	3,154	3.213,90	0,529

Fonte: Autores.

4.1 Análise da Energia Incorporada unitária nos materiais de construção

A Tabela 3 apresenta o detalhamento da energia incorporada em cada insumo presente nos projetos analisados. Foram identificados 40 diferentes tipos de materiais. Entretanto, os nove primeiros materiais reúnem cerca de 75% da Energia Incorporada total.

Observou-se que o material com maior consumo de EI nos dois projetos é o aço. Em seguida os materiais que apresentaram valores importantes de EI foram o concreto e os componentes de PVC. Estes materiais possuem um processo industrial mais intenso. O processo de produção do concreto não é especialmente industrializado, mas grande parte da energia provém do cimento envolvido para a produção desse concreto. O cimento que aparece isoladamente no item 8 refere-se às adições de cimento para execução de pisos cimentados e outros elementos.

Nota-se que as madeiras, embora normalmente apareçam em grande quantidade na obra, têm menor energia incorporada do que os materiais citados, pois não passam por um processo tão extenso de fabricação e basicamente apresentam a energia de corte, extração e transporte.

Examinando os resultados de acordo com as etapas da construção, a estrutura das edificações, considerando aço, concreto, formas, escoramento e outros elementos (itens 1, 2, 8, 14, 16, 21 e 24 da Tabela 3), representa 16.707,69 GJ e 9.999,81 GJ para as duas edificações, ou seja, cerca de 51% dos materiais e 44% dos valores totais apontados na Tabela 2.

Tabela 3 – Energia Incorporada nos materiais das edificações estudadas

#	**Materiais**	**Edificação A (GJ)**	**Edificação B (GJ)**
1	Aço - CA 50A – com parcela de reciclagem	8.530,89	5.033,06
2	Concreto	6.775,83	4.129,76
3	Componentes de PVC (tubos, caixas plásticas e outros)	2.853,83	1.710,08
4	Cerâmica (pisos e azulejos)	2.770,11	1.615,70
5	Componentes de ferro galvanizado (tubos, barras e outros)	2.372,21	1.288,06
6	Massa Corrida	1.968,17	1.173,08
7	Argamassa – pré-misturada	1.914,84	1.116,61
8	Cimento Pozolânico	712,49	380,40
9	Bloco Cerâmico 19x19x39	649,72	356,77
10	Alumínio Anodizado	586,18	341,51
11	Tinta PVA látex	544,17	298,95
12	Cobre	485,11	254,77
13	Laminado de madeira	365,63	234,59
14	Arame galvanizado	274,73	153,36
15	Gesso	256,54	148,48
16	Madeira - compensado resinado	246,82	134,37
17	Tinta acrílica	146,82	99,28
18	Vidro plano liso – 3mm e 4mm	145,69	97,13
19	Poliestireno expandido	136,85	91,62
20	Ferro fundido	120,08	66,77
21	Pregos	99,83	66,05
22	Nylon	76,66	51,18
23	Madeira – aparelhada e seca ao ar livre	74,02	48,17
24	Madeira – escoras eucalipto	67,10	102,81
25	Acetona	65,87	44,08
26	Madeira - Cedro	65,48	38,31
27	Mármore	63,63	31,24
28	Termoplástico	42,99	28,78
29	Areia	28,61	9,19

30	Tinta óleo	26,96	14,64
31	Brita	21,65	12,02
32	Argila	17,95	11,62
33	Aço - Chapa Dobrada	14,24	0,88
34	Poliuretano	11,35	7,57
35	Aço Zincado	10,17	6,81
36	Juta	5,56	3,65
37	Papel	4,19	28,08
38	Dióxido de Alumínio	3,91	2,25
39	Polipropileno	3,60	2,40
40	Parafusos	2,35	1,67
-	EI total (GJ)	32.562,83	19.235,75

Fonte: Autores.

4.2 Energia Incorporada na mão de obra

A Tabela 3 indica as quantidades de energia incorporada associadas à mão de obra. As edificações analisadas totalizaram 5.458,21 GJ e 3.213,90 GJ, respectivamente. Esse quantitativo inclui as energias necessárias para alimentação e transporte dos empregados. Considerando os elementos apontados na Tabela 2, a mão de obra estaria na 3ª posição entre os insumos da obra, atrás somente de aço e concreto. A Energia Incorporada na mão de obra representa cerca de 14% do total.

5. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores totais revelam a forte influência sobre a EI total de poucos materiais. Os materiais que mais contribuem são especialmente aqueles que passam por um processo de industrialização mais intenso, tais como o aço e o concreto, na estrutura; e as tubulações de PVC para água, esgoto e eletrodutos, nas instalações.

É importante analisar os valores unitários, visando a comparação com outras edificações. A energia incorporada unitária nos insumos da construção civil foi de 4,193 GJ/m² para a edificação A e 3,698 GJ/m² para a edificação B. Estes dados são similares aos encontrados na literatura, para edificações verticais (de 4,04 a 4,83 GJ/m^2, segundo Tavares, 2006; Venkatarama-Reddy e Jagadish, 2003).

A medição da EI nas instalações elétricas e hidrossanitárias e a energia decorrente das atividades desenvolvidas pelos trabalhadores são pontos a serem ressaltados. Não foram encontrados estudos anteriores sobre estes aspectos. Assim, o estudo realizado pode ser considerado relativamente inovador. O conhecimento destes valores pode levar as edificações a serem mais eficientes, pois a redução da Energia Incorporada nas edificações pode colaborar com a sustentabilidade do setor, visando reduzir os consumos de energia e os danos ambientais com o uso menos intenso dos recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências brasileiras de pesquisa CAPES, CNPq e FAPERGS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAOS, F. A. C. Estimación de la energía consumida en la construcción de obra gruesa de 3 edificios de altura média en la ciudade de Santiago de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil. Santiago, Universidad de Chile, 2010.

ASIF, M.; MUNEER, T.; KELLEY, R. Life cycle assessment: a case study of a dwelling home in Scotland. Building and Environment. V.42, pp.1391-1394, 2007.

CHEL, A.; TIWARI, G. N. Thermal performance and embodied energy analysis of a passive house – case study of vault roof mud-house in India. Applied Energy. V.86, pp.1956-1969, 2009.

GAO, W.; ARIYAMA, T.; OJIMA, T.; MEIER, A. Energy impacts of recycling disassembly material in residential buildings. Energy and Buildings. V.33, pp.553-562, 2001.

GAUZIN-MÜLLER, D. Sustainable architecture and urbanism: concepts, technologies, examples. Berlim: Springer Science & Business Media, 2002.

GONZÁLEZ, M. A. S.; KULAKOWSKI, M. P.; BREITENBACH, L. G.; KIRCH, F. A case study about embodied energy in concrete and structural masonry buildings. Revista de la Construcción. V. 13, pp. 9-14, 2014.

GUERRERO, A. F.; MELÉNDEZ, M. M. Evaluación a través del presupuesto de la energía incorporada. Habitat Sustentable. V.5, n.1, 2015.

PINI. TCPO 10 : Tabelas de composições de preços para orçamentos. São Paulo: PINI, 1996.

PULLEN, S. Estimating the embodied energy of timber building products. Journal of the institute of wood Science. V. 15, n. 3, p. 147-151, 2000.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável. Porto Alegre, Brasil: Bookman, 2014.

SARTORI, I.; HESTNES, A. G. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. Department of Architectural Design, History and Technology. Trondheim, Norway: Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 2006.

SOLÍS-GUSMÁN, J; MARRERO, M; RAMÍREZ DE ARELLANO. A. Methodology for determining the ecological footprint of the construction of residential buildings in Andalusia (Spain). Ecological Indicators. V.25, pp. 239-249, 2013.

SPADOTTO, A.; NORA, D. D.; TURELLA, E. C. L.; WERGENES, T. N.; BARBISAN, A. O. Impactos ambientais causados pela construção civil. Unoesc & Ciência – ACSA. V. 2, n. 2, p. 173-180, jul./dez. 2011.

SPOSTO, R. M.; PAULSEN, J. S. Energia Incorporada em habitações de interesse social na fase de pré-uso: o caso do programa minha casa minha vida no brasil. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil. Brasilia: UNB, 2014.

TAVARES, S. F. Metodologia para análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2006.

THORMARK, C. A low energy building in a lifecycle – Embodied energy, energy need for operation and recycling potential. International Journal of Building Environment. V.37, pp.429–435, 2002.

VENKATARAMA-REDDY, B. V.; JAGADISH, K. S. Embodied energy of common and alternative building materials and Technologies. Energy and Buildings. V.35, pp.129–137, 2003.

29. ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS DO AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO - PORTO ALEGRE, BRASIL, PELO MÉTODO PROCEL EDIFICA

BARRETO, Talita de Albuquerque (talitabarreto@yahoo.com.br) [1]*; GONZÁLEZ, Marco Aurelio Stumpf** [2] *(mgonzalez@unisinos.br)*
[1]INFRAERO, Brasil
[2]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
**Autor de correspondência*

RESUMO
Uma ação importante para a sustentabilidade é a redução do consumo de energia, buscando atingir a eficiência energética dos edifícios. Os aeroportos têm incorporado progressivamente operações comerciais e de lazer que os aproximam de centros comerciais, com um aumento no consumo de energia para iluminação artificial e condicionamento do ambiente considerando a operação 24/7. No entanto, muitas vezes não são desenvolvidos planos de eficiência energética. O Aeroporto Internacional Salgado Filho, localizado em Porto Alegre, sul do Brasil, tem cerca de 100 mil operações de aeronaves, entre pousos e decolagens, por ano, o que representa 4% do movimento nacional. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar a eficiência energética do aeroporto mencionado. Este trabalho utiliza como parâmetro a certificação brasileira PROCEL Edifica. Foram coletados dados de consumo de energia de dois anos de operação do aeroporto. A eficiência energética foi avaliada através de condições técnicas de edifícios e sistemas operacionais, seguida por análise e classificação pelo método PROCEL Edifica. Os resultados apontaram para classificação geral da edificação como C no terminal 1 e classificação A no terminal 2. Os sistemas de iluminação e condicionamento de ar tiveram classificação abaixo do nível A e a partir da identificação de itens não atendidos do método, foram propostas ações para a redução do consumo de energia no aeroporto com a análise da viabilidade econômica dessas propostas.
Palavras-chave: Eficiência energética, Aeroportos, Sustentabilidade

STUDY OF ENERGY EFFICIENCY ON PASSENGER TERMINALS OF SALGADO FILHO INTERNATIONAL AIRPORT - PORTO ALEGRE, BRAZIL, BY THE METHOD PROCEL EDIFICA

ABSTRACT
An important action for sustainability is the reduction of energy consumption, seeking to achieve the energy efficiency of buildings. Airports have progressively incorporated commercial and leisure operations that bring them closer to shopping centers, with an increase in energy consumption for artificial lighting and environmental conditioning considering the operation 24/7. However, energy efficiency plans are often not developed. Salgado Filho International Airport, located in Porto Alegre, southern Brazil, has about 100,000 aircraft operations, between landings and takeoffs, per year, which represents 4% of the national movement. In this context, this study aims to evaluate the energy efficiency of the mentioned airport. This work uses as a parameter the Brazilian certification PROCEL Edifica. Energy consumption data from two years of airport operation were collected. Energy efficiency was evaluated through technical conditions of buildings and operating

systems, followed by analysis and classification by PROCEL Constructs method. The results pointed to the overall classification of the building as C at terminal 1 and classification A at terminal 2. Lighting and air conditioning systems were rated below level A and from the identification of unmet items of the method, actions were proposed to reduce energy consumption at the airport with the analysis of the economic viability of these proposals.
Keywords: Energy efficiency, Airports, PROCEL Edifica

1. INTRODUÇÃO

O tema da sustentabilidade tem sido amplamente discutido por diversas áreas de governo e pesquisa, no intuito de minimizar os impactos gerados pela sociedade ((CARVALHO; CURI; LIRA, 2013). A construção de edifícios eficientes é uma alternativa importante visando reduzir os impactos da ocupação urbana no meio ambiente. A eficiência energética das edificações pode ser entendida como a manutenção do potencial das edificações em possibilitar conforto térmico, visual e acústico com baixo consumo de energia (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2013).

Desta forma, a eficiência e a otimização de recursos na operação aeroportuária ganham caráter estratégico para a evolução do negócio aeroportuário e o consumo de energia é parte importante nesta questão.

No Brasil, por exemplo, o transporte aéreo passou por um crescimento médio de 13,1% ao ano na última década. No mesmo período, o crescimento médio da economia brasileira foi de 3,5% ao ano. Entre empresas nacionais e estrangeiras foram realizados mais de 1,09 milhões de voos no país, o que representou um aumento de 81% nos últimos 10 anos (ANAC,2014).

As primeiras construções ligadas à aviação foram os hangares. Eles aparecem antes mesmo dos primeiros aeródromos (ou pista de pouso), uma vez que foram construídos para abrigar os balões ou dirigíveis (SALGUEIRO, 2006). Segundo Andrade (2007), a função do terminal de passageiros não se limita somente à transferência de passageiros entre dois sistemas de transportes. Com o desenvolvimento do transporte aéreo e o crescimento do número de passageiros que se utilizam desse meio de transporte, outras funções foram sendo incorporadas e assumindo importância tanto pelo que significam a conveniência dos passageiros quanto os que representam para a economia dos aeroportos.

Os terminais são grandes consumidores de energia, para alimentar instalações de condicionamento de ar, iluminação das áreas internas e externas, equipamentos operacionais (bagagens, esteiras, escadas rolantes e painéis indicadores), considerando utilização 24/7 (around the clock service). Os aeroportos modernos assemelham-se aos shopping centers, oferecendo um extenso rol de serviços, que incluem uma variedade de estabelecimentos comerciais e de alimentação. Com base nisso, os projetos de novos aeroportos têm na utilização de iluminação natural seu principal foco, principalmente no saguão de embarque, onde estruturas metálicas permitem grandes vãos, criando um espaço amplo e bem iluminado. Essa estratégia de projeto permite menor utilização da iluminação artificial. Em contrapartida, a iluminação natural está vinculada ao aquecimento solar, e exige um maior volume de condicionamento ativo do ar interno. Parte da questão pode ser abordada com o cuidado na especificação dos vidros, optando-se por configurações que tenham capacidade de filtrar raios ultravioleta e controlar a entrada de luz e calor, mas ainda existe a necessidade de reduzir o consumo de energia de outras utilizações (FLEMMING e QUALHARINI, 2010).

Como consequência destes elementos, o consumo de energia também se ampliou significativamente. E é interessante avaliar a eficiência energética dos terminais de passageiros. Seguindo este contexto, o objetivo do trabalho é avaliar do Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, Brasil, analisando algumas propostas para redução do consumo de energia.

2. OBJETIVO

Avaliar a eficiência energética dos terminais de passageiros do Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho, em Porto Alegre, Brasil.

3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES

A eficiência energética das edificações pode ser entendida como um atributo da edificação que relaciona seu potencial de conforto térmico, visual e acústico com um consumo de energia reduzido ((LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013).

Braun, Jardim e Rüther (2007) desenvolveram estudo sobre o potencial da geração fotovoltaica integrada a complexos aeroportuários, o que viabilizou a celebração de um Termo de Cooperação Técnica entre a Infraero e a UFSC, visando integrar aos aeroportos a utilização da energia solar como fonte de energia alternativa.

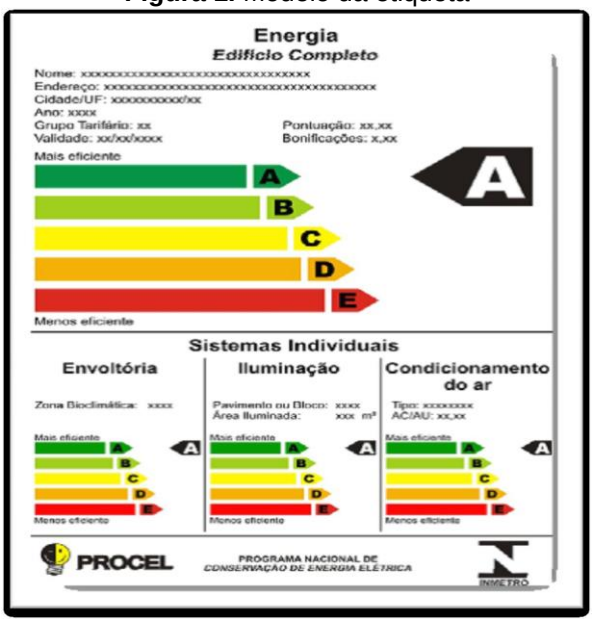
O Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (Gedae) da Universidade Federal do Pará também desenvolveu um trabalho nessa mesma linha utilizando o Aeroporto Internacional de Val-de-Cans, em Belém/PA como objeto de estudo (SANTOS, PINHO e MACEDO, 2008). Além desses estudos, Soares e Santos (2013) analisaram o terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena, em São José dos Pinhais/PR, visando a obtenção da etiqueta nacional de eficiência energética, nível “A”, segundo o método do PROCEL Edifica. O trabalho aponta a classificação o edifício pelo método PROCEL Edifica e lista recomendações para novas contratações de forma a atender aos requisitos da etiquetagem.

O sistema BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), do Reino Unido, foi o pioneiro e que lançou bases para a fundamentação dos demais sistemas voltados para o mercado (OLIVEIRA, 2014). Em 1998, foi lançado nos EUA o sistema de certificação ambiental de edifícios LEED, que com o tempo tornou-se o sistema de maior reconhecimento e de maior aplicação a nível mundial (SILVA, 2007). O Selo Procel de Economia de Energia tem como finalidade proporcionar a avaliação da eficiência energética, através de uma ferramenta simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e que consomem menos energia (PROCEL, 2015).

A Figura 1 apresenta o modelo da etiqueta nacional de conservação de energia. Um dos principais focos da eficiência energética em edifícios é a economia no uso de energia - especialmente a energia proveniente de fontes não renováveis - sem o comprometimento dos níveis de saúde, conforto e produtividade. Ou seja, utilizar menos energia no uso diário da edificação, no entanto, mantendo construções de igual ou melhor qualidade. A introdução de ferramentas de análise auxilia o diagnóstico e incentiva a busca pela melhor qualidade e desempenho sustentável do edifício, através de intervenções conscientes e planejadas (PROCEL, 2015).

O RTQ-C é o documento que contém os quesitos necessários para classificação do nível de eficiência energética do edifício. Propõe que seja aplicada uma metodologia específica para cada um dos três critérios – Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar - avaliados no processo de classificação energética e obtenção da ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia). A classificação geral da edificação é calculada de acordo com a ponderação do equivalente numérico para cada um dos seus sistemas avaliados, sendo 30% para a envoltória e 30% para o sistema de iluminação e 40% para o sistema de condicionamento de ar (PROCEL, 2015).

Figura 1. Modelo da etiqueta



A regulamentação do RTQ-C estabelece dois métodos de avaliação da ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia):
- Método prescritivo: procedimento analítico onde são aplicadas equações que recebem como entrada informações relativas às características da envoltória (arquitetônicas e construtivas), iluminação e condicionamento de ar; a pontuação obtida determina a classificação de eficiência da edificação (A, B, C, D ou E).
- Método de simulação: consiste em comparar o desempenho termoenergético da edificação real com edificações de referência. A análise da envoltória se apresenta como a mais importante, pois é a que determina o nível máximo que pode ser obtido pelo edifício analisado (PROCEL,2015).

4. MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido por meio da avaliação da condição técnica e características das edificações e dos sistemas dos terminais de passageiros do Aeroporto Internacional Salgado Filho. Foi realizada uma simulação da classificação de eficiência energética pelo método do Procel Edifica. Os resultados obtidos foram analisados pelos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e visam a proposição das melhorias necessárias para elevação da classificação, se essa não for de nível máximo.
O Estudo de Viabilidade Técnica das estratégias que podem ser implementadas, considerou os seguintes elementos:
- A comparação da concepção da envoltória da edificação a ser certificada listando quais as alterações necessárias e seus impactos;
- A análise das diferenças empregadas nos dois projetos quanto à especificação da iluminação artificial e outros itens relevantes das instalações elétricas.
Dentre os principais métodos quantitativos de análise de investimentos, foi considerado o método do período de recuperação, conhecido como de *payback.* Além disso, foram utilizados os índices econômicos IPCA, INCC e IGP-M.

4.1 Selo Procel

Os terminais são compostos por vários ambientes: saguão, salas de embarque e desembarque, concessionários comerciais, área administrativa. Para esta análise, foi utilizada a ferramenta disponibilizada pelo LabEEE, pela qual será possível realizar as simulações da etiqueta de eficiência energética. O aplicativo encontra-se disponível em: ttp://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html

Tendo em vista que a edificação avaliada conta com sistema de condicionamento artificial de ar, os aspectos referentes às áreas não condicionadas não foram abordados. A classificação geral do edifício se dá por meio da Equação (1):

$$PT = 0{,}30.\left\{\left(EqNumEnv.\frac{AC}{AU}\right)+\left(\frac{APT}{AU}.5+\frac{ANC}{AU}.EqNumV\right)\right\}+0{,}30.\left(EqNumDPI\right)+0{,}40.\left\{\left(EqNumCA.\frac{AC}{AU}\right)+\left(\frac{APT}{AU}.5+\frac{ANC}{AU}.EqNumV\right)\right\}+\delta_{0}^{1} \quad (1)$$

Onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;
EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;
APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;
AC: área útil dos ambientes condicionados;
AU: área útil;
b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

O número de pontos obtidos na Equação 1 define a classificação geral da edificação, de acordo com a Tabela 1. As classificações finais e parciais são apresentadas na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

Tabela 1. Classificação geral da edificação

PT (PONTUAÇÃO)	CLASSIFICAÇÃO FINAL
≥4,5 A 5	A
≥3,5 A <4,5	B
≥2,5 A <3,5	C
≥1,5 A < 2,5	D
<1,5	E

4.2 Objeto de estudo – Aeroporto de Porto Alegre - Terminais 1 e 2

O Aeroporto Internacional Salgado Filho, situado em Porto Alegre, Brasil, tem suas origens em uma pista de pouso inaugurada em 1923. A utilização comercial iniciou em 1933, com operação da VARIG. Em 1951 o aeroporto recebeu a denominação atual e em seguida a pista foi ampliada (CHAVES, 2013). O primeiro terminal, atualmente designado como TPS2, passou por sucessivas reformas ao longo das décadas seguintes, contando atualmente com 15.500 m2 de área construída e operou até 2001, quando entrou em operação o novo terminal (TPS1). O Terminal de Passageiros 1 (TPS1) foi inaugurado em 2001 e atualmente tem 37.600 m² de área construída,

distribuídos em quatro pavimentos. A capacidade total combinada é estimada em 15,3 milhões de passageiros por ano.

Figura 2. Sítio POA/SBPA – Terminais 1 (TPS1) e 2 (TPS2)



O aeroporto de Porto Alegre teve movimento operacional de mais de 88,3 mil pousos e decolagens, transportando cerca de 8,3 milhões de passageiros em 2015, o que representa 4,1% do movimento nacional.

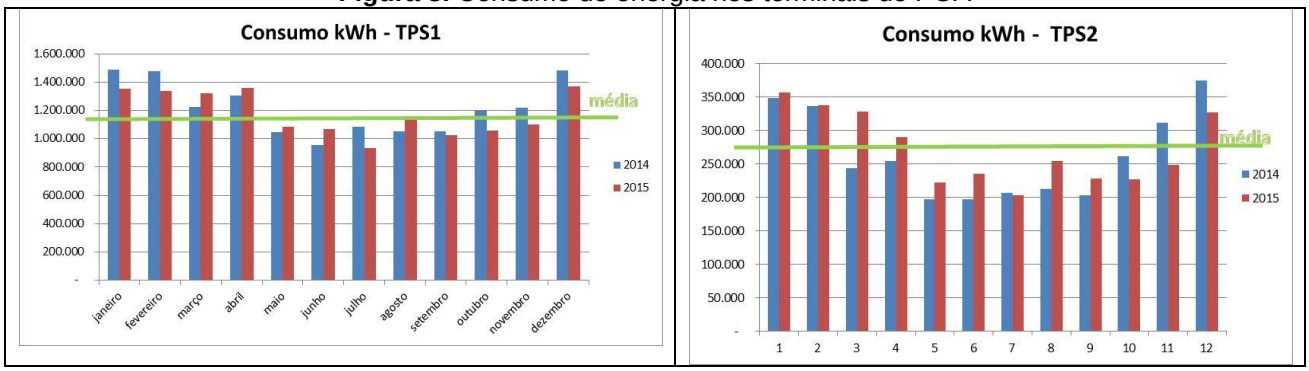
5 RESULTADOS

Incialmente foi realizada a análise da composição construtiva dos dois terminais. As paredes externas do Terminal 1 são compostas de alvenaria de tijolo e argamassa. As fachadas são revestidas externamente com placas cerâmicas. A cobertura do terminal de passageiros é composta de laje de concreto armado, impermeabilizada com manta de asfalto e isolamento térmico com manta de lã de rocha. Além disso, sobre a laje há estrutura metálica e cobertura com telhas de alumínio trapezoidal simples. Nas fachadas e domos de iluminação foram utilizados vidros laminados, composto por duas lâminas de vidro com uma lâmina de “Butiral”, buscando reduzir os ruídos que ocorrem durante manobras e partidas das aeronaves. No Terminal 2, amplas superfícies envidraçadas garantem bom nível de iluminação natural nas fachadas de orientação leste e oeste, que são de dimensões maiores.

A análise das propostas projetuais indica claramente as diferenças decorrentes em grande parte das práticas vigentes nas épocas de cada projeto. Por um lado, verifica-se a existência de formas básicas comuns quando o conceito operacional é o mesmo e por outro lado, as diferenças arquitetônicas se devem às diferentes épocas em que os terminais foram concebidos e construídos. Verificou-se que as diferenças entre as formas finais tem grande influência com o uso de técnicas construtivas e de materiais que impactam nos itens a serem avaliados para um edifício eficiente energeticamente.

Em seguida foram coletados dados dos consumos de energia de cada terminal, no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2015. O histórico de consumo apontou que foram consumidos em média 1,24 GWh e 0,26 GWh por mês nos terminais 1 e 2, respectivamente (Figura 3). Verifica-se a sazonalidade do consumo, com ampliação nos meses de verão e redução no inverno, em relação à média. No período analisado há pequena tendência de aumento de consumo.

Figura 3. Consumo de energia nos terminais de POA



Fonte: Infraero (2016).

Considerando o indicador internacional criado pela ACI (Airports Council International), *Operating Cost per WLU—Productivity/Cost Effectiveness***,** onde são considerados os custos operacionais aeroportuários por Unidade de Carga de Trabalho, medidos ao longo de um ano. Com isso, temos a situação exposta na tabela 2, onde o indicador aponta para uma melhoria na performance comparados os anos de 2014 e 2015:

Tabela 2. Indicadores de Performance - *Operating Cost per WLU*

	2014	**2015**
kWh	17.731.910	17.422.104
Carga Processada (kg)	4.157.314	3.503.259
Passageiros processados	8.447.380	8.354.961
WLU [1]	8.488.953	8.389.993
KWh/WLU	2,09	2,08

A adoção do método PROCEL para melhor desempenho das edificações e adaptação de ferramentas para a gestão de processos está relacionada ao desenvolvimento de projetos, planejamento e controle da vida útil da edificação.
A envoltória deve estar de acordo com pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência. Quanto mais elevado o nível, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos. A tabela 3 apresenta uma síntese dos pré-requisitos da envoltória exigidos por nível de eficiência.

Tabela 3. Resumo dos pré- requisitos da envoltória

Nível de Eficiência	**Transmitância térmica da cobertura de paredes exteriores**	**Cores e absortância de superfícies**	**Iluminação zenital**
A	X	X	X
B	X	X	
C e D	X		

Para a classificação final do sistema da envoltória, deve-se observar o atendimento dos pré-requisitos exigidos no RTQ-C. O cálculo do TPS1 alcançou o nível A para envoltória, assim como o TPS2.
Para análise do sistema de iluminação, há dois procedimentos de cálculo, sendo estas as duas alternativas: por áreas do edifício ou por atividades do edifício. A opção foi pelo método de

[1] Soma da quantidade de passageiros e carga, considerando que 100kg de carga equivale a 01 passageiro. Fonte: ACI

atividades do edifício, uma vez que na área em análise a atividade desenvolvida é a mesma.Para a classificação final do sistema de iluminação, deve-se observar o atendimento dos pré-requisitos exigidos no RTQ-C, conforme tabela 4.

Tabela 4 - Pré-requisitos específicos de iluminação

Nível pretendido	Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático
A	X	X	X
B	X	X	
C	X		
D	X		

Sobre os pré-requisitos, o sistema de iluminação do TPS1 não possui desligamento automático, assim como as luminárias próximas às aberturas que proporcionam contribuição de luz natural não possuem controle individualizado, de forma a otimizar o uso da iluminação artificial.
Como conclusão, após terem sido avaliados os pré-requisitos do ambiente, obtém-se a classificação final da iluminação como sendo **nível B.** Para ambos os terminais, a proposta para elevação da classificação de B para A seria o atendimento do pré-requisito de desligamento automático.
Para classificação conforme o RTQ-C, os componentes do sistema foram classificados de acordo com os requisitos apresentados. Como os equipamentos possuem níveis de eficiência distintos, é necessária uma ponderação da classificação dos equipamentos (equivalentes numéricos) pela capacidade dos mesmos, a fim de calcular o equivalente numérico final envolvendo todos os sistemas de condicionamento de ar e, portanto, o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar do edifício. Com isso, o nível de classificação final do sistema de condicionamento de ar do TPS2 é **A** enquanto no TPS 1 foi **E**.
Substituindo-se os valores EqNum de cada sistema individualmente avaliado na fórmula da pontuação total (PT), obtém-se um nível de eficiência global igual a 3,19, ou seja, **nível C** atual de eficiência global para o TPS1 e para o TPS2, um nível igual a 4,70, ou seja, **nível A** atual de eficiência global.
Para o sistema de iluminação, tanto do TPS1 quanto do TPS2, foi proposta a implantação do sistema DALI, *Digital Addressable Lighting Interface.* A melhoria proposta para o sistema de ar condicionado central seria um *retrofit* para ganho de eficiência e também a utilização da termoacumulação, para ambas as propostas foram utilizados os dados projetados por meio do estudo de consultoria contratado pela Infraero em 2013.

Tabela 5. Atualização financeira dos investimentos

	IGP-M	INPC	IPCA
TPS1			
Iluminação interna	833.026,20	857.448,57	849.433,95
Ar condicionado	1.491.238,63	1.534.958,23	1.520.610,90
TPS2			
Iluminação interna	387.811,95	399.181,68	395.450,51

Em resumo, os tempos de retorno não sofreram variações significativas, conforme tabela 6.

Tabela 6. Tempos de retorno em meses, conforme bandeira verde e índice aplicado

	IGP-M	INPC	IPCA
TPS1			
Iluminação	17	18	18
Ar condicionado	17	17	17
TPS2			
Iluminação	20	17	21

Dentre as três propostas de melhorias, o sistema de condicionamento de ar é o que demandaria maior volume de investimento e numa necessidade de priorização, deve-se ser elencado como principal, pois representa 40% do equivalente numérico para a etiquetagem PROCEL, e foi o que obteve pior classificação parcial por sistema avaliado. A cada valor que se propõe para redução no consumo, implica diretamente no custo por passageiro. Pela tabela 7, é apresentada a relação do custo por passageiro em função do valor gasto com energia elétrica e o número de passageiros processados nos anos de 2014 e 2015.

Tabela 7. Relação de consumo por movimento de passageiros

	Custo de Energia (2014)	N.º de pax processados/ ano	Custo de Energia (2015)	N.º de pax processados / ano
TPS 1 e 2	R$ 5.906.338,01	8.447.380	R$ 9.735,767,49	8.354.961
Custo por passageiro	R$ 0,70		R$ 1,17	

6 CONCLUSÕES

As alterações pelas quais os terminais de passageiros passaram podem ser medidas quando são comparados os terminais construídos até meados do século passado com vários dos terminais atuais. As instalações atuais aproximam-se das encontradas em um shopping center. Por outro lado, todos necessitam reduzir o consumo de energia.

A análise realizada apontou que embora o programa exista há seis anos, verificou-se que ainda há poucas edificações certificadas pelo PROCEL em comparação com os demais sistemas de certificação existentes. A administração pública deve ter a preocupação com o acompanhamento da eficiência de tais sistemas, de forma a programar sua substituição quando eles se tornarem ineficientes e/ou obsoletos. Todas essas ações fazem parte da gestão das edificações, que devem ser alinhadas ao planejamento da empresa de otimização de recursos na operação aeroportuária.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências brasileiras de pesquisa CAPES, CNPq e FAPERGS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI. Airports Council International. Guide to Airport Performance Measures. February 2012.

ANDRADE, Nelson. Arquitetura dos terminais aeroportuários de passageiros: função, identidade e lugar. Tese de Doutorado – área de concentração: projeto de Arquitetura. São Paulo, 2007

ANAC. Anuário do Transporte Aéreo 2013, Volume Único, 1ª edição.

BRAUN, P.; JARDIM, C. S.; RÜTHER, R. Análise da Contribuição Energética de Sistemas Fotovoltaicos Integrados em Edificações: Aeroporto Internacional de Florianópolis: um estudo de caso. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO, DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2007.

CHAVES, Ricardo. Almanaque Gaúcho. Voos cada vez mais altos. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:DB5d9rVTUvoJ:wp.clicrbs.com.br/almanaquegaucho/2013/06/25/voos-cada-vez-mais-altos/%3Ftopo%3D13,1,1,,,77+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso em 19 março 2017

FLEMMING, Liane, and Eduardo L. QUALHARINI. Os aeroportos e as condições ambientais. Disponível em: http://www.usp.br/nutau/sem_nutau_2010/metodologias/flemming_liane.pdf. Acesso em 19 março 2017.

INFRAERO, 2016. Disponível em: <http:\\www.infraero.gov.br> Acesso em 19 março 2017>.

INMETRO. Portaria 372/2010. Requisitos técnicos da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro: Inmetro, Programa Brasileiro de Etiquetagem.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R. Eficiência Energética na Arquitetura, 3ª edição.

SALGUEIRO, Francisco Angotti. Arquitetura dos terminais de passageiros em aeroportos. Panorama histórico, estudo de tipologias e possibilidades de ampliação. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Prebisteriana Mackenzie, São Paulo, 2006.

SANTOS, F. A. V.; PINHO, J. T.; MACÊDO, W. N. Estudo da Inserção de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede no Complexo Aeroportuário de Belém-PA. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE ENERGÍA SOLAR, 9., 2008, Vigo. Anais... Vigo: Asociación Española de Energía Solar, 2008.

SOARES, Andre; SANTOS, Fagner Martins dos. Análise do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional Afonso Pena visando obtenção da etiqueta nacional de eficiência energética, nível “A”, segundo o método do PROCEL Edifica. Trabalho de conclusão de curso - Especialização em Eficiência Energética. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

50. AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CERÂMICA E DAS ROCHAS ORNAMENTAIS ATRAVÉS DA FERRAMENTA ISMAS

BISSOLI-DALVI, Márcia[1](marciabissoli@gmail.com); COSTA, Lucas Martinez da[1] (lucasmartinezlmc@gmail.com); ALVAREZ, Cristina Engel de[1] (cristina.engel@ufes.br); GOBBI, Mirna Elias[1](mirna.gobbi@gmail.com)
[1]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil

RESUMO
O crescente consumo de matérias primas, o aumento populacional e a demanda por novas construções têm ocasionado a exploração dos recursos naturais em quantidades que, muitas vezes, vão além de suas capacidades de regeneração, cuja consequência ainda deve ser somada aos eventuais fatores de degradação do ambiente onde foram extraídos. Nesse sentido, a indústria da construção civil – grande geradora de impactos ambientais – tem investido na busca de estratégias alicerçadas no conceito de sustentabilidade, principalmente no setor relacionado aos materiais, cujas medidas mais conhecidas são aquelas voltadas à economia de matérias primas e o controle na geração e gestão de resíduos. Neste contexto, emergem tecnologias e instrumentos que auxiliam a seleção e a avaliação de materiais, propostos como facilitadores no processo projetual. Sendo assim, esta pesquisa teve por objetivo classificar, comparar e analisar o nível de sustentabilidade dos materiais das categorias "revestimento cerâmico" e "rochas ornamentais" em suas funções como revestimento de piso. A metodologia foi baseada inicialmente em uma revisão bibliográfica, tendo como etapa posterior a seleção da ferramenta mais adequada de acordo com parâmetros previamente definidos, tais como simplicidade de uso e adaptação a realidade local, para a seguinte seleção do ISMAS como instrumento de análise. Como resultado final, o revestimento cerâmico obteve um índice de sustentabilidade médio, enquanto as rochas ornamentais obtiveram um índice alto. O teste pôde identificar que, a partir dos parâmetros adotados pelo ISMAS, ambos os materiais, apesar da pequena diferença, possuem características semelhantes que os tornam promissores no contexto da sustentabilidade. Como resultados adicionais, são apresentadas possíveis medidas para a melhoria do índice de sustentabilidade final para cada material.
Palavras-chave: ferramentas de avaliação; ISMAS; seleção de material; sustentabilidade; revestimento de pisos.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF SUSTAINABILITY INDEX OF CERAMIC AND ORNAMENTAL ROCKS THROUGH THE ISMAS TOOL

ABSTRACT
The increasing consumption of raw materials, the population growth and the demands for new constructions have caused the exploration of natural resources in quantities that, often, goes beyond the regeneration capabilities, whose consequences must still be added to possible factors of environment degradation where they were extracted. In this sense, the industry of civil construction – great generator of environmental impacts – has been investing in strategies based in sustainable concepts, mainly related to materials sector, which the most notorious measures are directed to economy of raw materials and the control of generation and waste management. In this context, emerging technologies and instruments that assist the materials selection and evaluation,

proposed as a facilitator on the design processes. Therefore, the objective of this research is classify, compare and analyze the sustainability level of “ceramic tile” and “ornamental rocks” and their functions as floor covering. The methodology initially was based on a literature review, having as a further step the selection of the most appropriate tool according to the parameters previously defined, such as simplified use and adaptation for the local reality, selecting later the ISMAS as an analytical tool. As final result, the ceramic tile had a medium sustainability index, while the ornamental rocks had an elevated index. The test can identify, from parameters adopted from ISMAS, that both materials, although there is a little difference, have similar characteristics, which make them promising in the sustainability context. As additional results, were presented possible measures for the improvement of the sustainability indexes for each material.
Keywords: assessment tools; ISMAS; materials selection; sustainability; floor covering.

1. INTRODUÇÃO

O ritmo da atual produção industrial juntamente com o crescente aumento populacional – com previsão de um aumento de 32% até 2050 –, além da mudança nos padrões sociais e de consumo da população vem ocasionando a exploração e a degradação dos recursos naturais de forma preocupante, acarretando ainda na emissão de poluentes e na geração de resíduos que podem ser irreparavelmente danosos aos ecossistemas (CELLURA; LONGO; MISTRETTA, 2011). Wiedmann et al. (2015) relatam a quantidade total mundial de 70 bilhões de toneladas de matérias-primas extraídas por indústrias de materiais de construção e um consumo *per capita* de materiais em um nível jamais registrado. Há uma previsão do aumento destes números, fazendo com que sejam adotadas, urgentemente, políticas e programas voltados para a sua efetiva redução. Neste contexto, a relação entre o conceito de desenvolvimento sustentável e a indústria da construção civil vem se tornando cada vez mais próxima considerando sua indiscutível representatividade no setor econômico e social, porém, gerando significativos impactos ambientais (SEV, 2009).

No Brasil, o desafio da sustentabilidade assumiu, há alguns anos uma importância significativa na agenda da indústria da construção civil (DESENVOLVIMENTO..., 2011), principalmente após a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente, em Estocolmo, em 1972. A Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981), em seu artigo 2º, incisos I e V, indica um direcionamento em relação à manutenção do meio ambiente e o controle das atividades poluidoras. Destaca-se também, a constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) que complementa em seu artigo 170, inciso VI, e também no artigo 225, conteúdos relacionados à defesa do ambiente; controle de impactos, entre outros fatores que conduzem a um desenvolvimento mais sustentável. De fundamental importância no âmbito nacional foi a realização da denominada Eco-92 (CONFERÊNCIA...,1995), cujos resultados culminaram na posterior realização das “Agendas 21” com metas definidas pelos países participantes (AGENDA 21..., 2004) que, por sua vez, incentivaram a formulação de agendas locais (PLANO..., 2006; AGENDA..., 2008). Soma-se também o Programa de Construção Sustentável, lançado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), que incentiva, tanto para obras públicas como para privadas, a aquisição de materiais com melhor desempenho ambiental (DESENVOLVIMENTO..., 2011). Um recente evento realizado no Rio de Janeiro, a Conferência Rio + 20 (CONFERÊNCIA..., 2012), colocou novamente o Brasil em um patamar global em questões inerentes a sustentabilidade. Atualmente, diversas iniciativas vêm se desenvolvendo, sendo um exemplo a aprovação da NBR 15.575, conhecida como norma de desempenho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) que preza pela durabilidade e manutenibilidade dos materiais, estimulando a redução do desperdício e da geração de resíduos.

Apesar de um novo cenário em desenvolvimento na construção civil brasileira, alguns dados geram preocupação. Segundo o Balanço Energético Nacional, do Ministério de Minas e Energia, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 58,8% da energia consumida no Brasil é proveniente de fontes não renováveis. Dentre as atividades que utilizam uma parcela significativa dessa energia, destacam-se o setor industrial (32,5%) e o de transportes (32,2%), que juntos são responsáveis por 64,7% de todo o consumo energético do Brasil (BRASIL, 2016). Seis das dez atividades industriais com maior consumo energético no país estão relacionadas com a indústria da construção civil por meio de materiais chamados energo-intensivos (tabela 1): cimento, metais não ferrosos, cerâmica, aço, química e mineração (TAVARES; MONICH, 2010).

Tabela 1. Consumo energético das indústrias dos materiais energo-intensivos

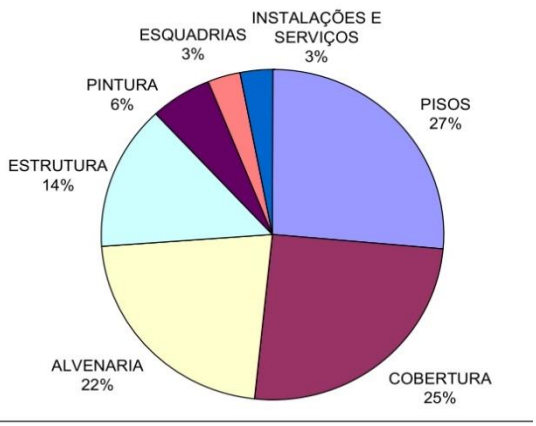
Indústria	Consumo (10^3 toe)	%	Principal fonte
Ferro-gusa e aço	16.524	6,3	Coque de carvão mineral
Química	6.706	2,6	Gás natural
Não ferrosos e outros da metalurgia	5.646	2,2	Eletricidade
Cimento	4.750	1,8	Coque de petróleo
Cerâmica	4.614	1,8	Lenha
Mineração e pelotização	3.346	1,3	Eletricidade

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Nos últimos anos vem sendo desenvolvidos estudos sobre o impacto dos materiais no meio ambiente, a exemplo da metodologia que adota a energia embutida como unidade de análise. Ampliando essa discussão, Tavares e Lamberts (2006), analisando a energia embutida e os impactos ambientais causados em uma edificação residencial brasileira, revelam que boa parcela do gasto energético provém dos revestimentos de piso (tabela 2), justificando esta pesquisa.

Tabela 2. Energia embutida por partes da edificação

Partes da edificação	Participação GJ/m²
TOTAL GJ	**3,94**
Pisos	1,06
Cobertura	0,99
Alvenaria	0,86
Estrutura	0,59
Pintura	0,22
Esquadrias	0,11
Instal. e Serviços	0,11



Fonte: Tavares; Lamberts (2006, p. 3859).

Diante deste contexto, destaca-se a carência de mecanismos que possam auxiliar o projetista na seleção de materiais sustentáveis. Boa parte das ferramentas de avaliação existentes são adaptáveis à região para a qual foi desenvolvida, pois levam em consideração fatores como clima,

aspectos ambientais e viabilidade de mercado (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2001). Contudo, algumas são utilizadas em locais diferentes daqueles em que foram criados, sem a devida modificação ou adaptação. Nesses casos, a seleção pode afetar positiva ou negativamente o desempenho das edificações e uma seleção inadequada pode gerar resultados com baixa qualidade ou o não cumprimento com requisitos mínimos estabelecidos por norma (KARADE; CHAKRABORTY, 2012). Além disso, a quantidade de critérios a serem avaliados em algumas ferramentas criam barreiras para serem utilizadas na prática projetual, somando-se também a carência de dados para o uso efetivo em algumas delas. Neste contexto são exemplos alguns instrumentos que dão suporte a escolha de materiais, como SimaPro (SIMAPRO, acesso em 6 mar. 2017), BEES (LIPPIATT; GREIG; LAVAPPA, 2009) entre outros. Diante disso, foi desenvolvido o ISMAS – Instrumento de Seleção de Materiais mais Sustentáveis (BISSOLI-DALVI 2014), que oferece a possibilidade de avaliação dos materiais construtivos a partir de critérios simplificados, voltados especialmente para o uso por projetistas para edificações no contexto da realidade da Região Metropolitana de Vitória (ES-Brasil). Por considerar os dados efetivamente disponíveis para a análise e por ter sido desenvolvido para a realidade de uma parcela territorial do Estado do Espírito Santo, o ISMAS foi a ferramenta de análise escolhida para esta pesquisa.

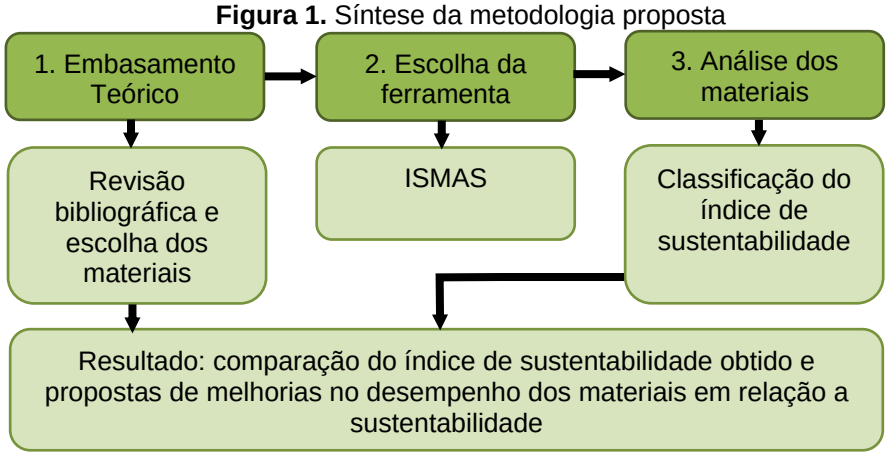
2. OBJETIVO

Este trabalho busca classificar, comparar e avaliar o índice de sustentabilidade de dois materiais comumente utilizados na aplicação de pisos na construção civil brasileira – o revestimento cerâmico e as rochas ornamentais – utilizando o ISMAS como ferramenta de análise de forma a apresentar a *posteriori* medidas que podem auxiliar na ampliação do desempenho dos mesmos no que diz respeito à sustentabilidade.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Os procedimentos metodológicos se dividiram em três etapas, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1. Síntese da metodologia proposta



Na primeira etapa, para obter um panorama dos aspectos inerentes ao conceito de sustentabilidade em relação aos materiais mais utilizados como revestimento de piso na construção civil brasileira buscou-se, através de uma revisão bibliográfica, dados que fundamentassem a escolha dos materiais. Neste contexto, de acordo com BNDES (2013) o Brasil

é o segundo maior consumidor de revestimentos cerâmicos, com aproximadamente 7,4% de toda a produção mundial. Segundo dados de Prado e Bressiani (2012), o total da produção de revestimentos cerâmicos entre o período de 2001 e 2010, foi de cerca de 69% destinada aos pisos. Já as rochas ornamentais, como afirma Sardou-Filho et al. (2013), constituem um dos principais materiais utilizados como revestimento de piso, tendo em vista que o Espírito Santo possui o maior parque de rochas ornamentais do país e que cerca de 80% dessa produção é voltada para revestimentos, destacando-se que destes, 60% é utilizada em pisos.
Em paralelo à definição dos materiais, foi previamente selecionado o ISMAS como a ferramenta a ser utilizada para a avaliação do nível de sustentabilidade dos matérias, cuja escolha foi confirmada em função de dois fatores determinantes: 1) capacidade de analisar os materiais de acordo com as realidades locais; 2) apresentar características que proporcionam facilidade e rapidez no uso. Vale destacar que a ferramenta, em sua versão original, continha 7 critérios. Como já previsto por Bissoli-Dalvi (2014), identificou-se a necessidade de aprimoramento que ampliasse os elementos considerados na análise, sendo então adicionados 4 novos critérios (BISSOLI-DALVI et al. 2016). Desta forma foi realizada a classificação do índice de sustentabilidade. O desempenho final é calculado utilizando-se uma média ponderada, na qual o nível alcançado em cada critério é multiplicado por seu respectivo peso. O resultado é dado numa escala que varia entre -1 e 1, sendo que quanto maior o valor numérico, maior o nível de sustentabilidade atingido pelo material (BOSSILI-DALVI, 2014). Por fim, foram feitas recomendações para que esses materiais possam melhorar seu desempenho em alguns aspectos específicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização dos testes, ambos os materiais foram utilizados com determinadas especificações. O “revestimento cerâmico” adotado foi o modelo “branco clássico”, com resistência a agentes químicos, possuindo processos de produção tradicionais produzido por uma empresa localizada no município de Serra/ES, a aproximadamente 25Km de Vitória. Em relação as “rochas ornamentais”, foi escolhido para o teste o granito “Amarelo ouro Brasil” com acabamento polido, sendo beneficiado por uma empresa localizada em Cachoeiro de Itapemirim/ES, a cerca 140Km de Vitória. A tabela 3 apresenta a síntese das avaliações realizadas através do ISMAS.

Tabela 3. Avaliação do índice de sustentabilidade da cerâmica e rochas ornamentais, observando-se que os critérios 8, 9, 10 e 11 foram acrescentados à versão original da ferramenta ISMAS

(continua)

Critério	Peso	Nível	Marcas de referência (possíveis respostas)	Cerâmica	Rochas
1. É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos	**1**	**-1**	O material não pode ser reaproveitado e adaptado a diferentes usos	**0**	**0**
		0	O material pode ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos, contudo requer processamento industrial		
		1	É possível ser reaproveitado com mínimo processamento		

Tabela 3. Avaliação do índice de sustentabilidade da cerâmica e rochas ornamentais, observando-se que os critérios 8, 9, 10 e 11 foram acrescentados à versão original da ferramenta ISMAS

(continuação)

Critério	Peso	Nível	Marcas de referência (possíveis respostas)	Cerâmica	Rochas
2. É renovável	**4**	**-1**	Os elementos que constituem o material e são de fonte renovável ou abundantes estão presentes em quantidades mínimas	**0**	**1**
		0	Aproximadamente a metade dos elementos que compõem o material são de fonte renovável ou matérias primas abundantes		
		1	Todo o material é de fonte renovável ou constituído por matérias primas abundantes		
3. Dispensa materiais adicionais para acabamento	**0,5**	**-1**	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	**1**	**0**
		0	Necessita de materiais de acabamento superficial, contudo este é considerado apenas um material de proteção		
		1	Não necessita de materiais adicionais para acabamento superficial		
4. Possui elementos reciclados	**4**	**-1**	Não possui elementos reciclados em sua composição	**-1**	**-1**
		0	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos do mesmo material		
		1	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos de outros materiais		
5. A durabilidade independe de manutenção e ocasiona baixo impacto	**1**	**-1**	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	**1**	**0**
		0	Possui vida útil de projeto (VUP) mínima estabelecida pela NBR 15575, e exige manutenções periódicas com o uso de novos materiais		
		1	Possui VUP mínima estabelecida pela NBR 15575, e a manutenção ocorre somente com limpeza		
6. Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	**1**	**-1**	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0	**0**	**0**
		0	É possível ser separado dos demais materiais construtivos, contudo podem ocorrer perdas do material, pois utiliza ligantes, colas ou aglomerantes		
		1	É possível ser facilmente separado dos demais materiais por usar encaixes mecânicos como amarrações, parafusos, etc.		
7. Favorece a baixa geração de resíduos	**1**	**-1**	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	**-1**	**-1**
		0	O material favorece mínima geração de resíduos na etapa de construção		
		1	Atende aos requisitos do nível 0, incluindo as etapas de uso/operação e desmonte		

Tabela 3. Avaliação do índice de sustentabilidade da cerâmica e rochas ornamentais, observando-se que os critérios 8, 9, 10 e 11 foram acrescentados à versão original da ferramenta ISMAS

(conclusão)

Critério	Peso	Nível	Marcas de referência (possíveis respostas)	Cerâmica	Rochas
8. Utiliza o mínimo possível de água	**2**	**-1**	Utiliza água no processo de industrialização e não é passível de ser reaproveitada	**0**	**0**
		0	Utiliza água no processo de industrialização, porém a mesma pode ser reaproveitada		
		1	Não utiliza água no processo de industrialização		
9. A procedência do material está próximo à obra	**4**	**-1**	O material é produzido a uma distância maior que 550 km do local de uso	**1**	**1**
		0	O material é produzido a uma distância entre 300 e 550 km do local de uso		
		1	O material é produzido a uma distância de no máximo a 300 km do local de uso		
10. Utiliza o mínimo possível de energia para a produção	**4**	**-1**	Possuir energia embutida maior do que 30 Mj/Kg	**0**	**1**
		0	Possuir energia embutida entre 3 e 30 Mj/Kg		
		1	Possuir energia embutida menor do que 3 Mj/Kg		
11. Regularidade das empresas junto ao Governo Federal	**1**	**-1**	A empresa não possui CNPJ*	**1**	**1**
		0	A empresa possui CNPJ* e possui débito relativos a tributos federais e à dívida ativa da União**		
		1	A empresa possui CNPJ* e não possui débito relativo a tributos federais e à dívida ativa da União**		
			Resultado numérico:	**0,06**	**0,34**
			Índice de sustentabilidade:	**médio**	**alto**

** Consultar CNJP: <http://www.cnpjbrasil.com/>*
***Consultar a Certidão de Débitos Relativos a Créditos Tributários Federal e à Dívida Ativa da União: <http://www.receita.fazenda.gov.br/Aplicacoes/ATSPO/Certidao/CndConjuntaInter/InformaNICertidao.asp?tipo=1>*
Fonte: Adaptado de Bissoli-Dalvi (2014).

No critério 1 (É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos), ambos os materiais obtiveram a pontuação 0, devido a capacidade de reaproveitamento ser possível somente através do processamento industrial. Uma alternativa para que os materiais possam ser reaproveitados é a adoção de técnicas que favoreçam o encaixe, como por exemplo, o sistema “clic” de assentamento para porcelanato, que além de permitirem o reuso não necessitam de argamassa em sua aplicação (CEUSA, acesso em 10 dez. 2016).
No critério 2 (É renovável), as rochas ornamentais possuem uma melhor pontuação, pois são extraídas de jazidas abundantes, sendo que as cerâmicas são compostas, em sua maioria, por matérias-primas renováveis, como a argila utilizada para fazer a base ou biscoito do revestimento. Devido a adição de materiais como esmaltes e corantes, que conferem melhor estética e textura

ao produto, a classificação quanto a sustentabilidade é inferior à das rochas, pois além de não serem de fontes renováveis, passam por vários processos industriais para alcançar a qualidade final.

Em relação ao critério 3 (Dispensa materiais adicionais para acabamento), as rochas ornamentais atingem um nível médio, pois necessitam de resinas epoxídicas, devido à sensibilidade a alguns elementos químicos, cujas consequências vão de manchas à possíveis reações que podem danificar o material.

No critério 4 (Possui elementos reciclados), ambos os materiais não possuem elementos reciclados. O desempenho dos mesmos podem ser melhorados, por exemplo com a adição de chamote, no caso das cerâmicas ou de resíduos de mármore e granito no caso da produção de pedras industrializadas.

Para o critério 5 (A durabilidade independe de manutenção e ocasiona baixo impacto**)**, as rochas ornamentais podem alcançar um melhor nível se aplicadas resinas na superfície externa, ampliando a vida útil do material e reduzindo as ações de manutenção. Em relação ao critério 6 (Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento), ambos os materiais podem melhorar seu desempenho utilizando técnicas específicas, conforme exemplo já citadas no critério 1. Observa-se que a adoção dessas técnicas também favorece o critério 6 (Favorece a baixa geração de resíduos), considerando que, no Brasil, a remoção desse tipo de material em obras é normalmente realizada de forma a não favorecer o seu reuso.

Para o critério 8 (Utiliza o mínimo possível de água), algumas empresas de revestimento cerâmico já conseguem reaproveitar, em grande parte, a água utilizada no processo de fabricação. O mesmo ocorre com as de rochas ornamentais, em que no procedimento de corte dos blocos, a água já contaminada pela granalha – material particulado que auxilia o corte –, é passível de reutilização se tratada, sendo exequível também a reutilização da água consumida no processo de polimento das placas melhorando assim o seu nível de sustentabilidade.

No critério 9 (A procedência do material está próximo à obra), os materiais pontuaram positivamente, pois como a cerâmica considerada neste estudo é proveniente do Município de Serra, e as rochas de Cachoeiro de Itapemirim, ambos possuem procedência a menos de 300km da capital Vitória.

No critério 10 (Utiliza o mínimo possível de energia para produção), foi utilizada como base a tabela de energia embutida para materiais de construção brasileiros desenvolvida por Tavares e Graf (2010), na qual foram atribuídos pesos em que o revestimento cerâmico alcança um nível médio e as rochas ornamentais nível baixo de consumo.

Por fim, no critério 11 (Regularidade das empresas junto ao Governo Federal) as empresas hipoteticamente consultadas possuem os parâmetros exigidos.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na análise do índice de sustentabilidade dos materiais realizado através da ferramenta ISMAS mostram que, apesar do índice obtido ser médio para a cerâmica e alto para as rochas, os mesmos, apesar da pequena diferença, possuem características semelhantes que, se aplicados com técnicas adequadas, alcançarão resultados mais promissores em relação a sustentabilidade. Portanto, destaca-se aqui tanto a importância no uso de ferramentas auxiliares no processo de escolha dos materiais como nos diferentes desempenhos de um mesmo material de acordo com a técnica utilizada.

AGRADECIMENTOS
Este artigo é parte de um projeto de pesquisa aprovado na chamada MCTI/CNPq/Universal 14/2014 - Faixa A, Processo: 443906/2014-9. Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil e também à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21 brasileira: ações prioritárias / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

AGENDA Vitória: plano estratégico até 2028. Vitória, 2008. Disponível em: <http://www.vitoria.es.gov.br/seges.php?pagina=agenda_vitoria_oquee>. Acesso em: 16 nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12721: Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575-1: Norma de Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BISSOLI-DALVI, M. ISMAS: A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais. Concepción - Chile, 195 p., 2014. Tese (Doutorado) – Universidade del Bío-Bío.

BISSOLI-DALVI, M.; ZAMBONI, C. P.; VIZEU, C. C.; GOBBI, M. E.; ALVAREZ, C. E. de. Proposta de aprimoramento da ferramenta ISMAS. Estudo de caso: madeira plástica. In: SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT, BRAZIL & PORTUGAL, 16. 2016, Vitória. Anais...Vitória, 2016, p. 809-818.

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento. Informe Setorial, área industrial. nº 26. Disponível em:<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/Informe_26.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2016.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016

BRASIL. Constituição (1988). Constituição [da] República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Câmara dos deputados, 1981.

CELLURA, M., LONGO, S., MISTRETTA, M. The energy and environmental impacts of Italian households consumptions: an input output approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V. 15, p. 3898-3908, 2011.

CEUSA. Manual de instalação AS - Assentamento a seco. Disponível em: <http://www.ceusa.com.br/app/webroot/img/institucional/arquivo_26.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2016.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: de acordo com a Resolução nº 44/228 da Assembleia Geral da ONU, de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.

CONFERÊNCIA NAÇÕES UNIDAS RIO + 20, 2012. Rio de Janeiro. O Futuro que Queremos. 2012. Disponível em: <http://hotsite.mma.gov.br/rio20/wpcontent/uploads/Zero_Draft_PORT.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.

DESENVOLVIMENTO com sustentabilidade. São Paulo: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2011.

KARANDE, P., CHAKRABORTY, S. Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis - (MOORA) method for materials selection. Materials and Design. v. 37, p. 317-324, 2012.

LIPPIATT, B.; GREIG, A. L.; LAVAPPA, P. BEES Online. 2009. Disponível em: <http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm/>. Acesso em 6 mar. 2017.

MONICH, C. R.; TAVARES, S. F. Energia e CO_2 embutidos na fabricação dos materiais de construção: panorama atual no Brasil e exterior. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13. 2010, Canela-RS. Anais...Canela.

PLANO de desenvolvimento Espírito Santo 2025: carteira de projetos estruturantes – Espírito Santo: Macroplan, 2006. v.8

PRADO, U.S.; BRESSANI, J.C. Panorama da indústria cerâmica brasileira na última década. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 56, e CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CERÂMICA, 1, 2012, Curitiba-PR. Anais... Curitiba, p. 3035-3047.

SARDOU FILHO, R.; MATOS, G. M. M.; MENDES, V. A.; IZA, E. R. H. de F. Atlas de rochas ornamentais do Espírito Santo. Brasília: CPRM, 2013.

SEV, A. How can the construction industry contribute to sustainable development? A conceptual framework. Sustainable Development. v. 17, p. 161 - 173, 2008.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para o desenvolvimento no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL, 2, e ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1, p. 367-373, 2001, Canela, RS. Anais... Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2001.

SIMAPRO. Disponível em: <http://www.pre-sustainability.com/simapro-lca-software>. Acesso em: 6 mar. 2017

TAVARES, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Florianópolis, 225p., 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

TAVARES, S. F.; LAMBERTS, R. Determinação da energia embutida em edificações; um atributo de sustentabilidade. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis, p. 3855-3860

TAVARES, S.; GRAF, H. F. Energia incorporada dos materiais de uma edificação padrão brasileira residencial. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2010, Brusque. Anais... Brusque.

WIEDMANN, T. O.; SCHANDI, H.; LENZEN, M.; MORAN, D.; SUH, S.; WEST, J. KANEMOTO, K. The material footprint of nations. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 112, n. 20, p. 6271-6276, 2015. Disponível em: <http://www.pnas.org/content/112/20/6271.short>. Acesso em: 13 nov. 2016.

57. OCCUPATIONAL RATE AND GLOBAL WARMING POTENTIAL: CASE STUDY OF A SCHOOL BUILDING IN GOIANIA CITY

CALDAS, Lucas[1](lrc@coc.ufrj.br); PAULSE, Pablo[2] (pablo.paulse@gmail.com); HORA, Karla[2](karlaemmanuela@gmail.com); SPOSTO, Rosa[3] (rmsposto@unb.br); TOLÊDO FILHO, Romildo (toledo@coc.ufr.br)[1]*

[1]Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia/ Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), Brasil
[2]Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil
[3]Universidade de Brasília (UnB), Brasil

*Corresponding author

ABSTRACT

CO_2 emissions are one of the main causes of global warming. In public, commercial and industrial buildings, the occupational rate is important when the objective is to study thermal comfort. Higher occupational density in these buildings leads to greater energy consumption for artificial air conditioning, and consequently, more CO_2 emissions. In this sense, the aim of this study was to evaluate how different classroom occupational rates of a school building, located in Goiânia - GO, interfere in the energy consumption and CO_{2eq} emissions related to the construction, maintenance and artificial acclimatization (operational stage) of the building. Three conditions were evaluated: 20, 30 and 40 students per classroom. The CO_{2eq} emission data from the construction and maintenance stages were taken from the national literature. For the conversion of the electric power consumption, used in the artificial acclimatization of the classrooms, in CO_{2eq} emissions, three emission factors were considered: a high participation of renewable sources in the Brazilian electrical matrix, with medium participation and with low participation. For the thermo energetic simulation, the Design Builder software was used with climatic data of the region and material properties obtained from Brazilian standards. The results showed a linear growth of energy consumption and CO_{2eq} emissions due to air conditioning with the increase of classroom occupational rate. The different emission factors used, of the electricity, led to a difference in final results of up to 270%, which shows the importance of choosing this factor for this type of building. Finally, the CO_{2eq} emissions index was obtained per student in which the situation with 40 students per classroom was the most advantageous.

Keywords: School buildings**;** Occupational rate; Energy consumption; Global warming potential.

TAXA DE OCUPAÇÃO E POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL: ESTUDO DE CASO PARA UMA EDIFICAÇÃO ESCOLAR LOCALIZADA EM GOIÂNIA – GO

RESUMO

As emissões de CO_2 são apontadas como uma das principais causas do aquecimento global. Nas edificações públicas, comerciais e industriais, o fator ocupação é importante quando o objetivo é estudar o conforto térmico. Uma maior densidade ocupacional nessas edificações leva a um maior consumo de energia para climatização artificial, e, consequentemente, maior quantidade de emissões de CO_2. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar como diferentes densidades de ocupação das salas de aulas de uma edificação escolar, localizada em Goiânia-

GO, interferem no consumo de energia e nas emissões de CO_{2eq} relacionada à construção, manutenção e climatização artificial (etapa operacional) da edificação. Foram avaliadas três condições, sendo elas: 20, 30 e 40 alunos por sala de aula. Os dados de emissões de CO_{2eq} das etapas de construção e manutenção foram retirados da literatura nacional. Para a conversão do consumo de energia elétrica, da climatização artificial das salas de aula, em emissões de CO_{2eq}, foram utilizados três fatores de emissão, um considerando uma alta participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira, outra com média participação e outra com baixa participação. Para a simulação termoenergética foi empregado o software Design Builder utilizando dados climáticos da região e propriedades dos materiais obtidos em normas brasileiras. Os resultados mostraram um crescimento linear do consumo de energia e emissões de CO_{2eq} devido a climatização com aumento da densidade de ocupação das salas de aula. Os diferentes fatores de emissões da eletricidade utilizados levaram a uma diferença nos resultados finais de até 270%, o que mostra a importância da escolha desse fator para esta tipologia de edificação. Ao final, foi obtido o índice de emissões de CO_{2eq} por aluno em que a situação com 40 alunos por sala de aula, se mostrou a mais vantajosa.
Palavras-chave: Edificações escolares**;** Densidade de ocupação; Consumo de energia; Potencial de Aquecimento Global.

1. INTRODUCTION

The building sector plays an important role in greenhouse gas (GHG) emissions. In Brazil, residential and industrial sectors represented 23% of the total GHG emissions in 2015 (MME, 2016).

Rogelj et al. (2016) showed that even if GHG reduction targets, set by countries in the Conference of the Parties (COP), which took place in Paris in 2015 are reached there will be an average increase in global temperatures of about 2.6 to 3.1 °C in 2100.

In the life cycle of a building there are different kinds of CO_2 emissions. The gases emitted by materials are known as embodied CO_2 or embodied CO_{2eq} (when CH_4 and N_2O are considered) and it can be defined as the amount of CO_2 in a product from the raw material extraction and manufacturing process required to produce a finished product. Another important building life cycle phase is the operational, where CO_2 emissions come from user habits, for example, the electricity consumption (CHAU; LEUNG; NG, 2015). One important part of electricity consumption in public or commercial buildings is due to artificial acclimatization of these buildings. The amount of electricity consumption for thermal comfort can be influenced by different factors: weather, geographical aspects, wind directions, thermal performance of building envelope, building typology, occupational rate and other factors (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, 2012).

The human body can be considered a thermal machine, because it emits heat, resulting in the heating of internal parts of buildings (RIVERO, 1985). In this sense, spaces of high human density have higher internal temperatures and consequently increase the energy consumption for air conditioning and will increase the CO_2 emissions in producing this energy. Therefore, environments with higher occupational rates tend to emit more CO_2. In Brazilian municipal schools there is a tendency to have many students per classroom, which results in greater discomfort for students and teachers and a worse learning environment.

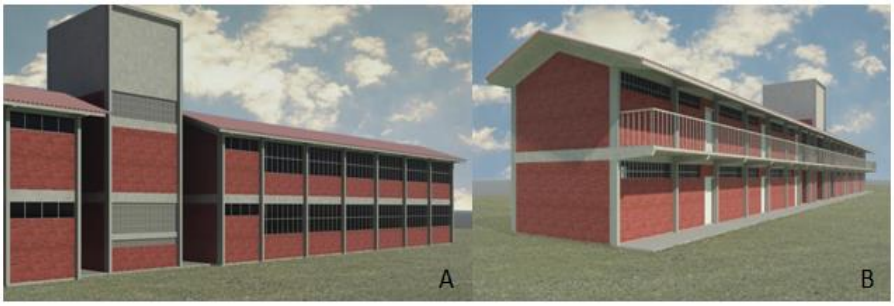
In the Brazilian literature, many studies were carried out for school buildings focusing on post-occupational evaluation, by Ornstein, Ono (2005), Funari, Kowaltowski (2005), Carvalho et al. (2007), among others. With the growing concern about the problems related to environmental comfort, such as thermal, light and sound, some authors, Almeida, Ruiz; Graça (2010), Krum, Tubelo, Sattler (2010) and De Jesus et al. (2015), evaluated these problems in their typology of

buildings. However, different occupational rates, thermal comfort and global warming potential of these kind of buildings have not been covered by the national literature, which proves the originality and actuality of the present paper.
In this context, the aim of this study was to evaluate the relation between different classroom occupational densities, energy consumption and global warming potential, by accounting the CO_{2eq} emissions during the life cycle of a school building, located in Goiânia – GO.

2. METHODOLOGY

Applying a complete Life Cycle Assessment (LCA) to buildings is a complex task because of the long life cycle, different involved phases (construction, operation, maintenance and end-of-life) of the buildings and many environmental impacts such as acidification, global warming potential, eutrophication, abiotic depletion and others (SILVESTRE; BRITO; PINHEIRO, 2014). Therefore, in this study, only the global warming potential, in terms of equivalent carbon dioxide (CO_{2eq}), was evaluated. Three phases of the building life cycle were considered: construction, operation and maintenance.
The functional unit for this study is a school building located in Goiânia – GO, with an internal floor area of 987.6 m² with a 50 years lifespan (minimum value according to the ABNT NBR 15575-1:2013), resulting in “50 years school”. The ceramic brick building is composed of two floors, twelve classrooms, four lavatories and circulation areas. The same building, presented in Figure 1, was already studied by Paulse et al. (2016).

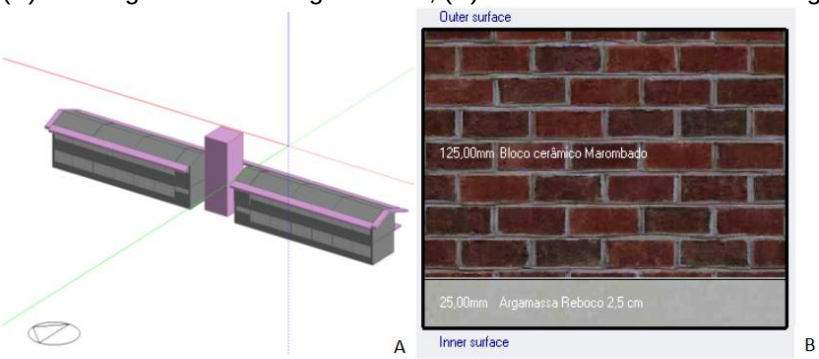
Figure 1. (A) Scholar building evaluated; (B) Frontal façade.



Source: Pause et al. (2016)

For building materials, in construction and maintenance phase, were adopted CO_{2eq} factors from the literature, taken from Saade et al. (2014), Souza et al. (2016) and the environmental product declaration (EPD) of Votorantim Cimentos (2016). During the maintenance of the building, replacement factors were adopted (when building materials were replaced) according to NBR 15575-1 (ABNT, 2013) at level M (minimum). The transport distance of building materials was considered to be 100 km from factories to building’s site.
As one of the objectives of this study is to evaluate the relation between different occupational rates, energy consumption and global warming potential, three different numbers of occupants in classrooms (48 m²), with 20, 30 and 40 students were adopted, resulting in three occupational rates: 0.42 student/m², 0.63 student/m² and 0.83 student/m², respectively. For the thermo energetic simulation the Design Builder software with Energy Plus was used (Figure 2).

Figure 2. (A) Building model in Design Builder; (B) External wall model in Design Builder



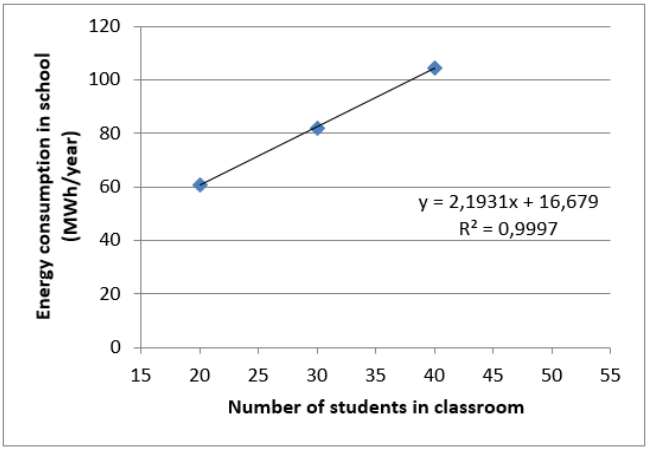
The same criteria for simulation as used by Pause et al. (2016) was adopted, with a change in occupational rate and the set point temperature of 25°C was assumed. The thermal properties for materials (conductivity, specific heat and density) were taken from NBR 15520-2 (ABNT, 2008). For the envelope, the transmittance value (U) was calculated and verified by Design Builder. The external walls presented 3.02 W/m².K, internal walls 2,49 W/m².K, roof 2,2 W/m².K and windows, with green glass (6 mm), 5,8 W/m².K. Finally, the simulation was carried out for the building during 8760 hours and the electricity consumption (in kWh) per year was obtained.

The CO_{2eq} emission factors (FCO_2) adopted for Brazilian electricity generation were taken from the site of the *Ministério da Ciência e Tecnologia* (MCTI, 2016) for the years between 2006 and 2015, with the adoption of: (1) a minimum factor (FCO_{2min}) of 0.025 $kgCO_{2eq}$/kWh (considering the growth of the share of renewable sources); (2) an average factor (FCO_{2med}) of 0.064 $kgCO_{2eq}$/kWh (considering a scenario close to the recent years, with greater hydraulic participation) and (3) a maximum factor (FCO_{2max}) of 0.135 $kgCO_{2eq}$/kWh (scenario with growth of thermal sources). This approach allowed to evaluate different possibilities, given a considerable degree of uncertainty of Brazilian future electrical matrix.

3. RESULTS AND DISCUSSION

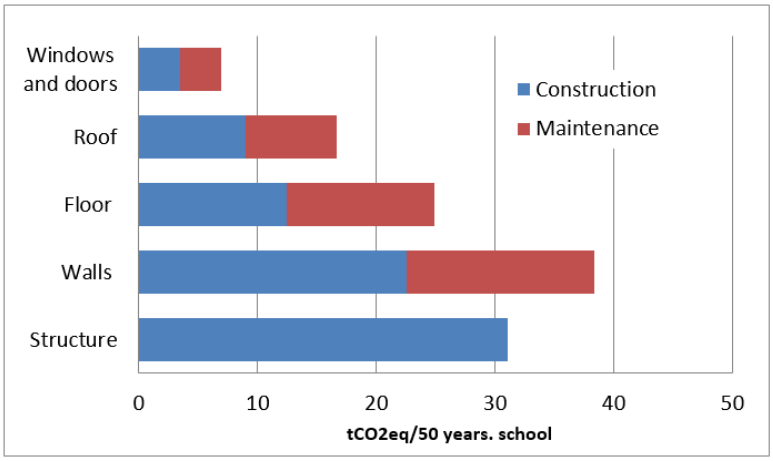
The results of electricity consumption for the three occupational density scenarios are presented in Figure 3.

Figure 3. Energy consumption in school



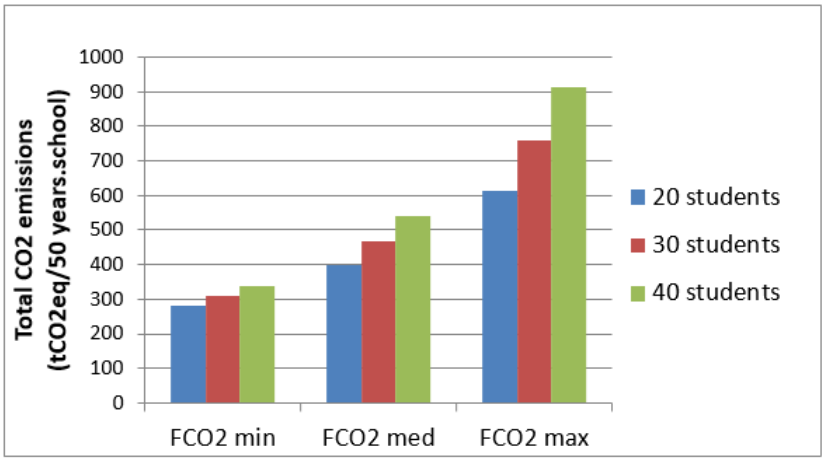
According to this figure, the increase of students in classrooms showed an increase of energy consumption in a linear relation. There is a considerable difference, of around 70%, between the classrooms with 40 students and 20 students. These results show the importance of occupational density in energy consumption in a tropical country like Brazil, specifically in the Goiania city, evaluated in this study. However, more studies are needed to prove this linearity when the extreme points are extrapolated. In this case study, the maximum number of students possible in classroom according to law is 48 (1 student/m²) and less than 30 students per classroom is far from the Brazilian reality.
Therefore, the presented equation could be used to preview other occupational densities in this school design (between the interval 20 and 40 students), remembering that this is a standard municipal school design in Goiania, facilitating decision-making related to energy diagnosis measures.
The participation of building systems in construction and maintenance phases are presented in Figure 4.

Figure 4. Total CO_{2eq} emissions in school



The structure system presented the greatest participation in the construction phase, due to concrete use, while the wall system presented the greatest participation in the maintenance phase, where most of CO_{2eq} is emitted by the paint replacement. The results of CO_{2eq} emissions in the building's life cycle are presented in Figures 5 and 6.

Figure 5. Total CO_{2eq} emissions in school life cycle



The CO_{2eq} emissions from the construction phase was calculated and was found to be 121.61 tCO_{2eq}/school. A great difference between FCO_{2min} and FCO_{2max} can be observed in Figure 5. There is a difference of around 270% between the scenario with 40 students using FCO_{2min} and FCO_{2max}. In this sense, it is very important to account the correct density and an adequate FCO_2 (according to the objective of the study) or use of different scenarios (as it was done in this study) for this kind of buildings. The differences found in this research are significant, which may lead to false conclusions depending on the data used and the purpose of the study.

Figure 6. Participation of construction, maintenance and operational phases in CO_{2eq} emissions life cycle

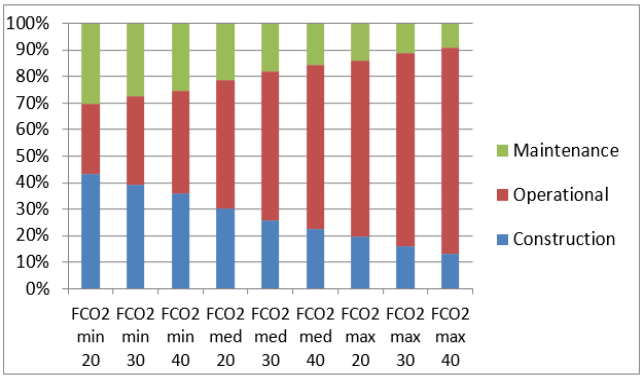
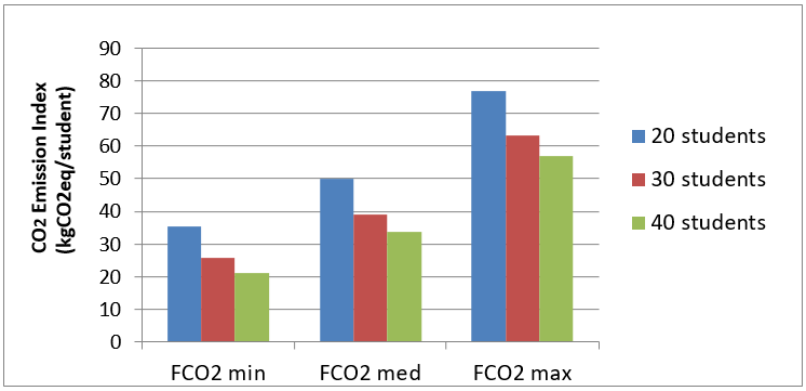


Figure 6 shows the difference of phase participation in CO_{2eq} life cycle, according to the occupational rate and CO_{2eq} emission factor. The construction phase participation ranged from 13 to 43%, the operational phase from 27 to 77% and the maintenance from 9 to 30%. According to these results the construction phase has more impact than operational phase for fewer students. Few students result in a lower occupational rate in classrooms, which leads to lower energy consumption for artificial conditioning and CO_{2eq} emissions, decreasing the participation of operational phase and at the same time increasing the construction and maintenance phase's participation.

Therefore, we know that Brazilian municipal schools tend to have a high occupational rate, the operational phase presents itself as the most impacting phase in the life cycle, as assumed in this

study. However, it is important to highlight the future with net zero energy buildings (with renewable energy production in buildings), which can drastically increase the construction and maintenance participation in CO_{2eq} life cycle due to the operational energy decrease and equipment installation and replacement, such as photovoltaic panels. These scenarios will be studied in future research. Finally, the results of CO_{2eq} emission index are presented in Figure 7.

Figure 7. CO_2 emission Index



It is important to account the amount of CO_{2eq} emitted by the students in the school. In this sense, the index was generated, which shows that even though classrooms with a greater occupational rate, in the end, presented better results, as more students are in the school , it is more efficient to have 40 students per classroom in terms of space than 20 or 30 students. However, considering comfort and learning aspects and the impact of better learning conditions for students and teachers, less students per classroom is a better alternative. Perhaps, the number of 30 students per classroom could be the optimum occupational rate, with differences in relation to the case of 40 students, ranging from 11% to 22% for FCO_{2max} and FCO_{2min} scenarios, respectively.
In future studies the optimum relation between the CO_2 emissions with occupational rate (with users perception surveys), together with a cost assessment, should be evaluated.

4. CONCLUSIONS

The relation between occupation rate and global warming potential was evaluated, by CO_{2eq} emissions account in a school building's life cycle, located in Goiânia. The structure system presented the greatest participation in the construction phase while the wall system presented the greatest participation in the maintenance phase. For the total life cycle of a building, the condition of 20 students per classroom resulted in 282 to 615 tCO_{2eq}/school; 30 students per classrooms in 309 to 758 tCO_{2eq}/school; and 40 students per classrooms in 338 to 912 tCO_{2eq}/school. The construction phase participation ranged from 13 to 43%, the operational phase from 27 to 77% and the maintenance from 9 to 30%.
With regards to the CO_{2eq} emissions related to the number of students, an index (CO_{2eq} emissions by student) was proposed, which the condition of 40 students per classroom presented the best results, ranging from 21 to 57 $kgCO_{2eq}$/student.
The results of this study call attention to the choice of CO_{2eq} emission electricity factors used for global warming potential assessments, with differences in results of 270%. For this kind of building

and in the Brazilian context, it is very important to choose the correct occupational rate and CO_{2eq} emission factor of the electricity. This study contributes to assess the global warming potential in the building sector.

REFERENCES

ALMEIDA, M.; RUIZ, E.; GRAÇA, V. Melhoria do desempenho ambiental em edificação escolar: controle da radiação direta no instituto federal de São Paulo (IFSC-SPO). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. Anais... Canela: ANTAC, 2010. p. 1-10.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2. Desempenho Térmico de Edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR 15575-1. Edificações Habitacionais – Desempenho. Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

CARVALHO, A. et al. Avaliação pós-ocupação do desempenho técnico-construtivo e funcional de edifício escolar. In: ENCONTRO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA, 6., 2007, Maringá. Anais... Maringá, 2007.

CHAU, C. K.; LEUNG, T. M.; NG, W. Y. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. Applied Energy. V. 143, p. 395 – 413, 2015.

DE JESUS, L. A. N.; RAMOS, L. L. A.; ANTUNES, E. G. S. Análise do conforto ambiental em edifícios escolares no município de Vila Velha-ES, BR. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 2015, Guimarães. Anais... Guimarães, 2015.

FUNARI, T.; KOWALTOWSKI, D. C. Arquitetura escolar e avaliação pós-ocupação. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. Anais… Maceió: ANTAC, 2005. p. 2255-2257.

KRUM, C.; TUBELO, R.; FEDRIZZI, B. Avaliação da percepção dos usuários em relação ao conforto térmico e lumínico de uma sala de aula na escola de Feliz-RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. Anais... Canela: ANTAC, 2010. p. 1-10.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 2ª ed. São Paulo: Pro Livros, 2012.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72764/Fatores_de_Emissao_de_CO_sub_2_sub__do_Sistema_Interligado_Nacional_do_Brasil.html> Acesso em 04 de set. de 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN). Relatório Síntese ano base 2014. Brasília-DF, 2015.

ORNSTEIN, S.; ONO, R. Avaliação pós-ocupação (APO) do conforto ambiental de escolas: comparação entre ferramentas qualitativas e quantitativas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. Anais… Maceió: ANTAC, 2005. p. 1387-1396.

PAULSE, P.; CALDAS, L.; SPOSTO, R.; HORA, K. Impacto do desempenho térmico do sistema de vedação vertical nas emissões de CO2: estudo de caso para uma edificação escolar localizada em Goiânia – GO. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016. p. 2260 – 2271.

RIVERO, R. Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**.** 1 ed. Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores: Ed. Da Universidade, UFRGS, 1985.

ROGELJ, J. et al. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. Nature, V. 534, p. 631–639. 2016.

SAADE, M. R.M.; SILVA, M.; GOMES, S; FRANCO, H.; SCHWAMBACK, D.; LAVOR, B. Material eco-efficiency indicators for Brazilian buildings. Smart and Sustainable Built Environment. V. 3, n. 11, p. 54 - 71, 2014.

SILVESTRE, J. D.; BRITO, J.; PINHEIRO, M. D. Environmental impacts and benefits of the end-of-life of building materials – calculation rules, results and contribution to a “cradle to cradle” life cycle. Journal of Cleaner Production. V.66, p. 37-45, 2014.

SOUZA, D. M..; LAFONTAINE M.; CHARRON-DOUCET, F.; BENGOA, X.; CHAPPERT, B.; DUARTE, F.; LIMA, L. Comparative life cycle assessment of ceramic versus concrete roof tiles in Brazilian context. Journal of Cleaner Production. V.89, p. 165-173, 2015.

SOUZA, D. M..; LAFONTAINE M.; CHARRON-DOUCET, F.; CHAPPERT, B.; KICAK, K.; DUARTE, F.; LIMA, L. Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls. Journal of Cleaner Production. V.137, p. 70-82, 2016.

TUBELO, R.; SATTLER, M. Análise comparativa do comportamento térmico de salas de aula de duas edificações escolares distintas, no período do solstício de verão. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. Anais... Canela: ANTAC, 2010. p. 1-10.

VOTORANTIM CIMENTOS. EPD – Environmental Product Declaration CP II E 40, CP III-40 RS and CP V-ARI (bulk form) by Votorantim Cimentos. 2016.

66. DESEMPENHO TÉRMICO DE UM AMBIENTE CONSIDERANDO O USO DE PRATELEIRAS DE LUZ

ALVES NETTO, Ary Rodrigues[1](eng.arynetto@terra.com.br); AKUTSU, Maria*[2] *(akutsuma@ipt.br); BARRETO, Douglas*[1](dbarreto@ufscar.br); BRITO, Adriana Camargo*[2] *(abrianab@ipt.br)*

[1]Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil

[2]Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

A avaliação do desempenho térmico de edificações, utilizando prateleiras de luz como elemento de proteção solar e redirecionador da luz natural, é um aspecto importante a ser considerado quando abordado sob a ótica do conforto ambiental e eficiência energética. Nestas edificações, a temperatura e iluminação natural são aspectos que devem ser considerados simultaneamente, de forma a garantir equilíbrio entre o desempenho térmico e lumínico da edificação. Nesta pesquisa o objetivo foi avaliar como as prateleiras de luz influenciam na resposta térmica da envoltória do ambiente estudado. Para a análise foram realizadas simulações computacionais por meio do programa Energyplus, visando estimar a temperatura do ar interno do ambiente. As simulações computacionais foram feitas para uma sala de aula de um edifício da Universidade Federal de São Carlos/SP. Neste ambiente foram comparadas as temperaturas do ar interna do ambiente sem a prateleira de luz e com o dispositivo instalado em três alturas diferentes, sempre considerando as mesmas instaladas na parte de fora do ambiente. Como parâmetros de entrada, foram considerados os dados de um dia típico de verão. Os resultados das simulações indicam que o uso das prateleiras de luz contribuem para a diminuição da temperatura interna do ambiente em até 0,7ºC.

Palavras-chave: Desempenho térmico; Prateleira de luz; EnergyPlus.

THERMAL PERFORMANCE OF AN ENVIRONMENT CONSIDERING THE USE OF LIGHT SHELVES

ABSTRACT

The assessment of the thermal performance of buildings, which uses a light shelves as a shade device element and a redirector of natural light, is an important aspect to be considered from the perspective of environmental comfort and energy efficiency. In these buildings, the temperature and natural light are aspects that must be considered simultaneously, in order to guarantee a balance between the thermal and luminous performance of the building. In this research the objective was to evaluate how the shelves of light influence the thermal response of the envelope of the studied environment. The analysis was performed by computational simulations through the software Energyplus, aiming to estimate the environment´s internal air temperature. The computational simulations were done for a classroom of the Federal University of São Carlos / SP. Were compared the environment´s internal air temperature without light shelf and with the shade device considered in three diferents highs from the ground, always considering them outside the room. As an input data, were used the datas of a typical summer day. The results of the simulations indicate that the use of light shelf contributes to a decrease in the environment´s internal air temperature by 0.7ºC.

Keywords: Thermal performance; Light shelf; EnergyPlus.

1. INTRODUÇÃO

Os espaços construídos têm como função primordial o atendimento às necessidades humanas, ultrapassando o caráter de abrigo e constituindo-se como uma extensão do cotidiano e da própria vida do homem. Este atendimento pode ser entendido por meio do bom desempenho das edificações, que pode ser avaliado em diferentes esferas dentro do meio da construção, desde a estrutura, vedações e até ao conforto ambiental.
Atualmente, no Brasil, o desempenho das edificações é avaliado segundo diretrizes constantes na norma NBR 15.575/13 (ABNT, 2013), que dentre seus itens de avaliação contempla o conforto térmico, lumínico e acústico. Neste trabalho foi avaliado o desempenho térmico de uma edificação com o uso de prateleiras de luz, que além de elementos de proteção solar também assumem a função de redirecionar a luz natural para dentro dos ambientes. Esses elementos de controle solar desempenham importante papel no comportamento ambiental das edificações, pois permitem a melhor utilização da luz natural, proporcionando melhoria nos níveis de iluminância e até economia no consumo de energia elétrica, pois podem minimizar o uso do sistema de iluminação artificial durante o dia e por proporcionarem o sombreamento da área próxima à janela, podem contribuir para a diminuição da temperatura do ar interno, minimizando a necessidade do condicionamento artificial do ar.
No entanto, deve-se sempre ter em mente que a iluminação natural tem uma estreita relação com a admissão de calor, sendo este um dos mais críticos conflitos existentes entre o desempenho lumínico e térmico (HOPKINSON, 1966). Em decorrência deste fato, o estudo do desempenho ambiental dos elementos de fachada e protetores solar vem se tornando cada vez mais importantes, principalmente em decorrência da necessidade de se economizar energia elétrica, tanto para iluminação quanto para o condicionamento do ar (BADER, 2010; FAJKUS, 2013).
Outras pesquisas relevantes também demonstram esta preocupação, como o estudo de Cho, Yoo e Kim (2014) que indica uma redução de até 10% no consumo de energia elétrica gasta com o sistema de refrigeração, já outra pesquisa descreve como alguns elementos de controle solar afetam o desempenho térmico e lumínico das edificações (GAGO et al 2015). Por este fato, justifica-se o estudo que foi realizado, afim de se comprovar qual a real influência do uso de prateleiras de luz na resposta térmica dos ambientes.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar como as prateleiras de luz influenciam na resposta térmica da envoltória do ambiente estudado.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O ambiente analisado é uma sala de aula, ventilada naturalmente, localizada no pavimento térreo de um edifício universitário em São Carlos, com suas aberturas orientadas para o norte, conforme mostrado na Figura 1. A sala mede 6,80 metros de largura, 9,80 metros de comprimento, possui pé direito de 3,40 metros, totalizando 66,64 metros quadrados. As esquadrias são do tipo basculante, com dimensões de 9,80 metros de comprimento, 1,90 metros de altura, totalizando uma área envidraçada de 18,62 metros quadrados.

Figura 1. Fachada norte do edifício.



A influência das prateleiras de luz na temperatura do ar interno, no ambiente selecionado, foi avaliada por meio de simulações computacionais realizadas com o software EnergyPlus V8. Estas simulações foram feitas em cinco modelos, onde foram consideradas a presença de elementos de proteção solar, a altura com relação ao solo da prateleira de luz e o ambiente sem nenhum tipo de protetor solar, totalizando cinco modelos diferentes.
As Figuras 2 a 6 ilustram as configurações dos modelos do ambiente que foram analisados, apresentando a perspectiva e corte de cada um. A Figura 2 apresenta o Modelo 1, que considera a sala em sua configuração original com relação aos elementos de proteção solar de fachada, beiral e brise; O Modelo 2 (Figura 3), com a prateleira de luz analisada a 1,80 metros do piso externo da edificação; Modelo 3 (Figura 4), com a prateleira de luz analisada a 2,20 metros do piso externo da edificação; Modelo 4 (Figura 5), com a prateleira de luz analisada a 2,60 metros do piso externo da edificação; e Modelo 5 (Figura 6), sem nenhum tipo de protetor solar na fachada. Todas as prateleiras foram simuladas na cor branca, com refletância de 0,88, e possuem largura de 1,50 metros, a mesma dimensão do beiral existente.
Após a definição das características das configurações do ambiente que seriam simuladas por meio do software EnergyPlus, utilizou outro software para gerar graficamente os modelos acima mencionados. O software utilizado foi o SketchUp 2014, que por meio da associação com o plug in OpenStudio, possibilitou a entrada dos dados referentes a geometria do ambiente e a criação dos modelos, para que posteriormente fossem analisados pelo software de análise térmica.

Foram utilizados os dados do dia típico de verão do município de São Paulo, presentes na norma NBR 15575-1/13 (ABNT, 2013a), para ambos os Estudos de Caso, uma vez que São Carlos se encontra quase na mesma latitude de São Paulo. Os dados climáticos utilizados são apresentados no Quadro 1.

Figura 2. Modelo 1.

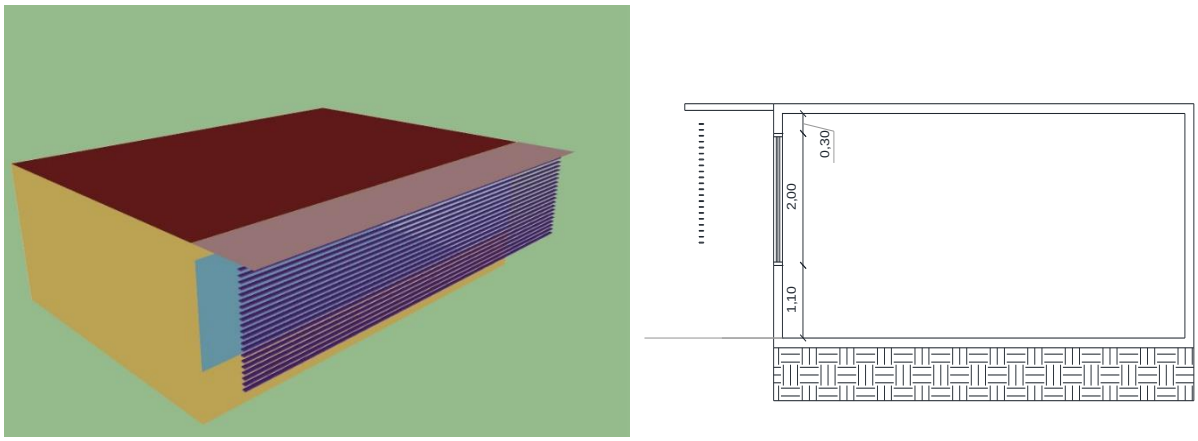


Figura 3. Modelo 2.

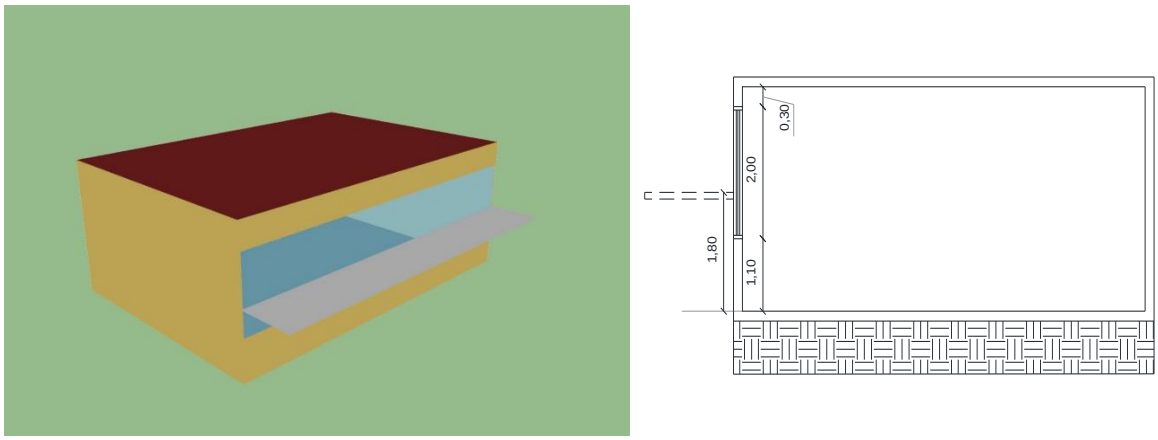


Figura 4. Modelo 3.

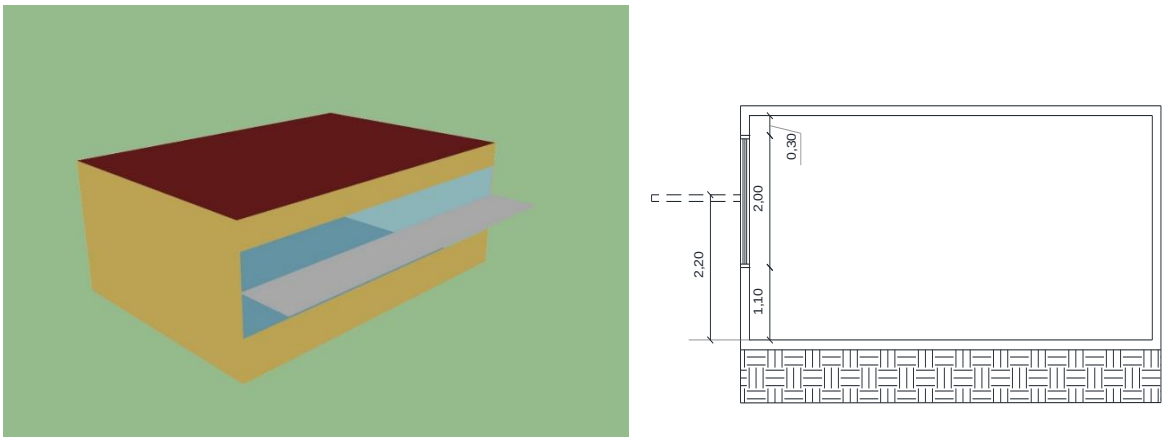


Figura 5. Modelo 4.

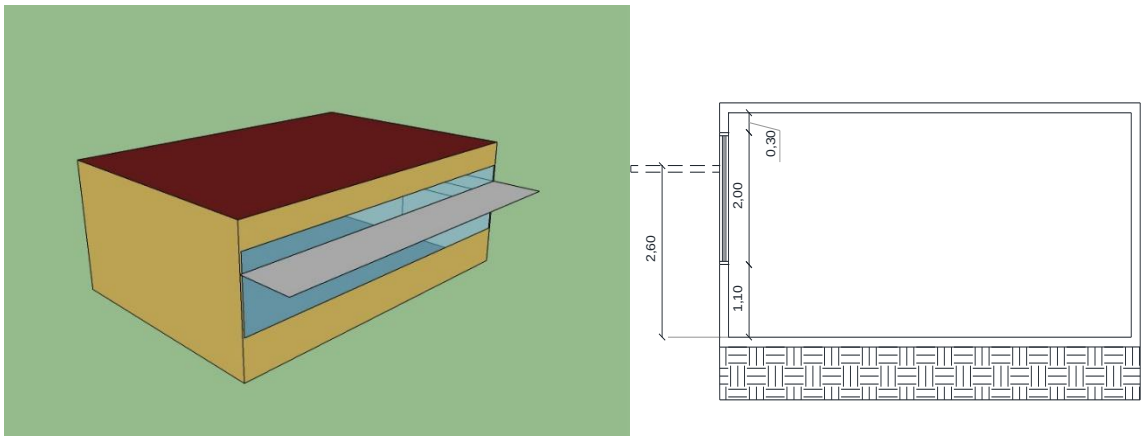
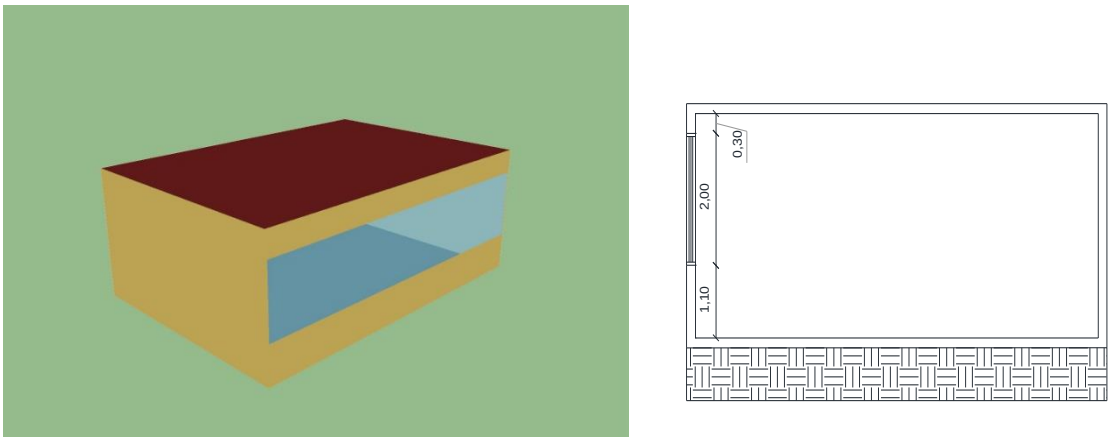


Figura 6. Modelo 5.



Quadro 1. Dados de entrada do Dia Típico de Verão

Cidade	Temperatura máxima diária (ºC)	Amplitude diária de temperatura (ºC)	Temperatura de bulbo úmido (ºC)	Radiação solar (Wh/m²)	Nebulosidade
São Paulo	31,9	9,2	21,3	5180	6

Fonte: ABNT (2013a).

Para esta análise, além da geometria do ambiente e orientação geográfica são necessários para a entrada de dados no software os dados referentes aos elementos que compõem a envoltória, bem como suas características térmicas, sendo elas: rugosidade, espessura, condutividade térmica, densidade e calor específico. O ambiente analisado é composto por paredes de blocos de concreto, revestidas externamente com placas cerâmicas assentadas com argamassa comum, e internamente, pintura sobre revestimento argamassado. A laje executada em concreto e o piso em concreto com revestimento cerâmico. Estes dados são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Propriedades dos materiais que compõem as superfícies do ambiente.

Ambiente	**Elemento**	**Material**	**Condutividade (W/mK)**	**Densidade (Kg/m³)**	**Calor Específico (J/KgK)**	**Absortância Solar**
Sala de aula	Parede	Cerâmica Argamassa Concreto	0,8 1,15 1,7	1720 1800 2400	840 1000 1000	0,7 0,5 0,3
	Piso	Concreto Cerâmica	1,4 0,8	2000 1720	1000 840	0,3 0,7
	Forro	Concreto	1,7	2400	1000	0,3

Esta análise térmica considerou apenas o efeito das prateleiras de luz na resposta térmica da envoltória dos ambientes estudos, por este motivo, não foram consideradas fontes internas de calor. Finalizando esta parte de análise, foi considerada uma renovação de ar nos ambientes estudados.

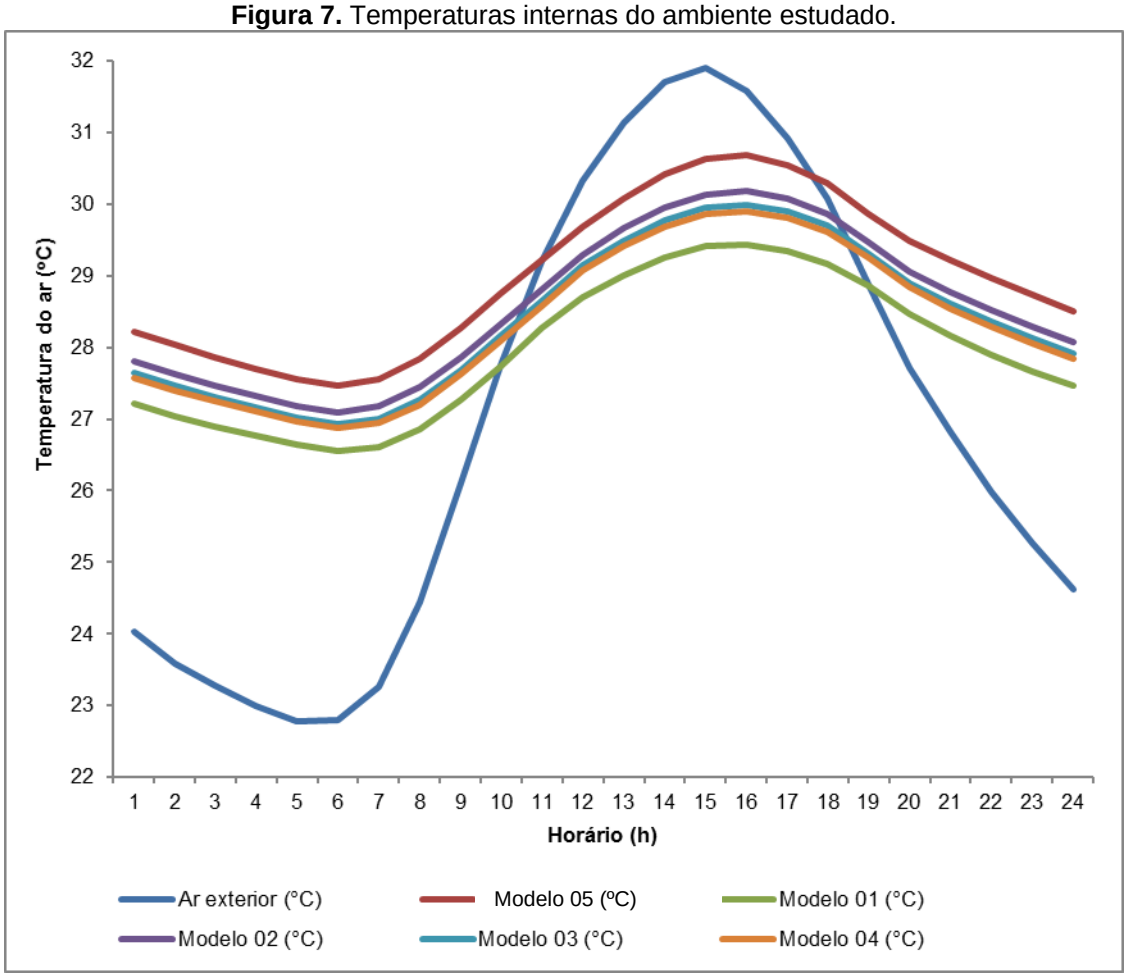
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as simulações do comportamento térmico das prateleiras de luz, foi possível verificar que a variação da temperatura entre os modelos que foram simulados com o dispositivo redirecionador da luz natural é muito pequena, conforme valores apresentados na Tabela 1. A Figura 7 apresenta as curvas das temperaturas ambiente para cada um dos modelos analisados.

Tabela 1. Temperaturas internas registradas

Horário	Ar exterior (°C)	Modelo 01 (°C)	Modelo 02 (°C)	Modelo 03 (°C)	Modelo 04 (°C)	Modelo 05 (°C)
1	24,0	27,2	27,8	27,6	27,6	28,2
2	23,6	27,0	27,6	27,5	27,4	28,0
3	23,3	26,9	27,5	27,3	27,2	27,9
4	23,0	26,8	27,3	27,2	27,1	27,7
5	22,8	26,6	27,2	27,0	27,0	27,6
6	22,8	26,6	27,1	26,9	26,9	27,5
7	23,3	26,6	27,2	27,0	26,9	27,5
8	24,4	26,9	27,4	27,3	27,2	27,8
9	26,1	27,3	27,9	27,7	27,6	28,3
10	27,8	27,7	28,3	28,2	28,1	28,8
11	29,2	28,3	28,8	28,6	28,6	29,2
12	30,3	28,7	29,3	29,1	29,1	29,7
13	31,1	29,0	29,7	29,5	29,4	30,1
14	31,7	29,3	29,9	29,8	29,7	30,4
15	31,9	29,4	30,1	29,9	29,9	30,6
16	31,6	29,4	30,2	30,0	29,9	30,7
17	30,9	29,3	30,1	29,9	29,8	30,5
18	30,1	29,2	29,9	29,7	29,6	30,3
19	28,9	28,9	29,5	29,3	29,3	29,9
20	27,7	28,5	29,1	28,9	28,8	29,5
21	26,8	28,2	28,8	28,6	28,5	29,2
22	26,0	27,9	28,5	28,4	28,3	29,0
23	25,3	27,7	28,3	28,1	28,1	28,7
24	24,6	27,5	28,1	27,9	27,8	28,5

Figura 7. Temperaturas internas do ambiente estudado.



Na situação sem sombreamento da janela, Modelo 5, a temperatura máxima do ar interior é de 30,7 ºC, e ao se comparar com o Modelo 1, nota-se que a presença do beiral e brise proporcionam uma redução de 1,3 ºC na temperatura do ar interior. Ao variarmos a altura de análise da prateleira de luz, é possível perceber que a temperatura do ar interno também varia, pois a área de sombreamento na região próxima a janela também irá mudar. Sendo que são essas regiões, mais próximas a janela, o local onde há a maior incidência dos raios solares. Então ao compararmos os modelos com a prateleira de luz, foi registrado uma redução na temperatura máxima do ar interior da ordem de 0,7 ºC, comparado com o modelo sem sombreamento da janela.

5. CONCLUSÃO

A análise térmica dos modelos indica que o uso das prateleiras melhora o desempenho do local com relação ao ganho de calor ao longo dia, mantendo a temperatura interna abaixo da registrada quando não considerado nenhum tipo de sombreamento. Nota-se que ao substituirmos os brises e o beiral por prateleiras de luz houve um ganho na temperatura interna do ambiente, porém não

muito expressivo, em média de 0,5°C, mas mantendo-se abaixo da temperatura externa. No entanto, ao se comparar o mesmo ambiente sem sombreamento e após a instalação das prateleiras, há uma redução na ordem de 0,7°C, dependendo da altura de instalação do dispositivo, e também podendo-se melhorar este desempenho alterando-se a largura do mesmo. Conclui-se, portanto, que este tipo de protetor solar é eficiente, quando comparadas as temperaturas internas do ambiente sem nenhum tipo de protetor solar, com as temperaturas após o uso das prateleiras, percebeu-se uma amortização das temperaturas do ar interno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Norma Técnica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**, Rio de Janeiro, 2013. 60p.

Artigo de periódico

BADER, S. **High-performance façades for commercial buildings**. Austin, Texas: The University of Texas at Austin - School of Architecture, 2010.

CHO, J.; YOO, C.; KIM, Y. Viability of exterior shading devices for high-rise residential buildings : Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis. **Energy & Buildings**, v. 82, p. 771–785, 2014.

FAJKUS, M. **Superficial skins? Super Skins? Shading structures and thermal impact analysis.** In: Proceedings Advanced Building Skins - Energy Forum. p. 23-27. Bressanone, Italy: 2013

GAGO, E. J. et al. Natural light controls and guides in buildings. Energy saving for electrical lighting, reduction of cooling load. **Renewable and Sustainable Energy Reviews,** n. 41, p. 1-13, 2015.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural.** 2ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1966.

73. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE EMISSÕES DE CO_2 DE DIFERENTES TIPOS DE TELHADO VERDE

LIRA, Júlia[*1](juliasanttiago@gmail.com); SPOSTO, Rosa*[1] *(rmsposto@unb.br)*
[1]Universidade de Brasília (UnB), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O elevado consumo de energia e percentual de emissões de gases de efeito estufa na construção civil (total de equivalência de CO_2) tem induzido à busca de edificações mais ambientalmente sustentáveis. O uso de Telhado Verde como estratégia para reduzir estes impactos nas habitações é uma prática antiga, influenciada pela cultura em determinados locais. Nos últimos anos tem se discutido em nível nacional e internacional a necessidade de soluções mitigadoras para emissões de $CO_{2\text{-eq}}$ na construção, o que leva a necessidade do estudo do perfil ambiental de materiais, componentes e elementos de uma habitação. Uma ferramenta para mensurar a sustentabilidade destes elementos é a Avaliação do Ciclo de Vida de Emissões de $CO_{2\text{-eq}}$ ($ACVCO_2$), que quantifica as emissões de $CO_{2\text{-eq}}$ em todas as fases do ciclo de vida. Esta pesquisa se enquadra no tema Habitação social urbana e rural: tecnologias e culturas construtivas e tem como objetivo avaliar as emissões de $CO_{2\text{-eq}}$ dos seguintes tipos de Telhado Verde: modular, composto por módulos plásticos e vernacular, moldado *in loco*. As fases do ciclo de vida analisadas foram: extração e processamento de matérias primas, operação (com o auxílio de simulação pelo *software Design Builder*) e manutenção. Com a exceção da fase operacional, a metodologia utilizada foi a Análise Híbrida. Assim, por meio da comparação dos dois tipos de telhado foi possível concluir qual dos sistemas possui menor potencial de aquecimento global. Além de facilitar a manutenção, o sistema de Telhado Verde modular apresentou um menor percentual de emissão de $CO_{2\text{-eq}}$ em comparação ao sistema de Telhado Verde vernacular.
Palavras-chave: Telhado Verde; $ACVCO_2$; Sustentabilidade; Potencial de aquecimento global

LIFE CYCLE EMISSIONS CO_2 ASSESSMENT OF DYFFERENT TYPES OF GREEN ROOF

ABSTRACT
The high energy consumption and greenhouse gas emissions in construction (equivalence of CO_2) have led to the search for more environmentally sustainable buildings. The use of Green Roof as a strategy to reduce these impacts on the dwellings is an old practice, influenced by the culture in certain places. This is due to a gap of normative recommendations about its design and execution, as well as technical and scientific specifications and disclosures with different types of materials, layers and assembly processes. In recent years a need has been discussed at national and international level for mitigating solutions for $CO_{2\text{-eq}}$ emissions in construction, which leads to a need to study the environmental profile of materials, components and elements of a dwelling. One tool to measure the sustainability of these elements is a Life Cycle CO_2 Emission Assessment ($LCCO_2A$), which quantifies how CO_2 emissions are generated at all stages of the life cycle. This research is framed in the theme 'Urban and rural social housing: constructive and objective technologies and cultures to assess how $CO_{2\text{-eq}}$ emissions of different types of Green Roof in the phases of their life cycle. The types are for: modular, composed of plastic modules and vernacular, molded in loco. The phases of the life cycle analyzed were: extraction and processing of raw

materials, operation (with the simulation by the software Design Builder) and maintenance. With one exception of the operational phase, the methodology of the other phases was a Hybrid Analysis. Thus, the comparison concluded which of the systems had the lowest global warming potential. In addition to facilitating maintenance, the Modular Green Roof system features a lower percentage of $CO_{2\text{-eq}}$ emissions compared to the Vernacular Green Roof system.
Keywords: Green Roof; LCCO$_2$A; Sustainable; Global Warming potential

1. INTRODUÇÃO

A responsabilidade dos países em reduzir os impactos ambientais é crescente e essa busca se estende desde o setor acadêmico até o produtivo. A COP-21 (Conferência do clima da ONU), realizada em Paris em dezembro de 2015, foi um marco mundial de discussão e propostas para reduzir as emissões de carbono e conter os efeitos do aquecimento global. Ainda neste âmbito, foi realizada em 2016 a COP-22 em Marrakesh, que estabelece como será a implementação das obrigações assumidas em Paris.
Mesmo antes desses encontros, o Brasil já havia se comprometido em reduzir entre 36,1% e 38,9% das emissões de GEE até 2020, por meio do compromisso nacional voluntário de adoção de ações de mitigação com vistas a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) (BRASIL, 2013). Todos os setores devem estar incluídos nestas propostas, inclusive aqueles referentes à indústria da construção civil. Os GEE são a soma de todos os gases com potencial de aquecimento global (metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, etc.) convertidos em CO_2, definidos como CO_2 equivalente ($CO_{2\text{-eq}}$).
A indústria da construção civil, como um todo, consome de 30 a 40% da energia mundial e é responsável por cerca de 40% do consumo total de energia primária na União Europeia (CONTARINI; MEIJER, 2015; COMA et al., 2016). Isso se deve ao fato da maior parte da energia gerada no mundo ser proveniente de combustíveis fósseis que contribuem para uma grande quantidade de gases poluentes, especialmente o CO_2 (PAULSEN; SPOSTO, 2013). Além disso, a contribuição da produção de Ferro-Gusa e Aço somada com a produção de cimento totalizam 73% do total de todas as emissões de GEE do setor industrial (BRASIL, 2013).
Neste contexto justifica-se a busca de edificações mais energeticamente eficientes, já que a indústria da construção civil é um agente eficaz para alcançar a redução do consumo energético e de emissões de CO_2 (COMA et al., 2016). Para tal, diversas tecnologias, inovadoras ou não, vêm ganhando considerável espaço na realidade da construção.
De acordo com Savi (2015), o telhado verde é uma das tecnologias que têm sido empregadas para auxiliar a mitigação dos problemas de consumo energético elevado nas edificações e a recorrência de inundações nos centros urbanos. Lira et al. (2016) concluíram que o telhado verde apresenta menos da metade do total de CO_2 quando comparado com o telhado convencional, constituído por laje de concreto armado e telha cerâmica. As normas ASTM E2396 até E2400 e ASTM E2788 tratam de telhado verde, sendo mais restritas à drenagem e à vegetação. Apesar disso, seu processo construtivo recebe muita interferência cultural, já que é uma prática milenar. É comum encontrar no histórico das construções com telhado verde a sobreposição das suas camadas constituintes, formando o tipo vernacular. Porém, para facilidade de manutenção e uma execução racionalizada, o telhado verde modular, composto por módulos que estão dispostos no telhado, vem ganhando grande aceitação no mercado. Esse método torna o projeto e a instalação mais simplificados com os módulos praticamente autossuficientes (LUCKETT, 2009).
Como o telhado verde é considerado popularmente uma prática sustentável, se torna necessário avaliar o seu real potencial em relação à sustentabilidade ambiental, considerando todo o seu

ciclo de vida, dada a importância dos impactos decorrentes do uso dos recursos naturais (materiais, energia e água) e das emissões geradas nas várias fases do ciclo de vida. Uma ferramenta difundida na literatura científica para quantificar as entradas e saídas de diversas categorias de impacto é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Segundo Atmaca; Atmaca (2015), a Avaliação do Ciclo de Vida de Emissões de CO_2 ($ACVCO_2$) é um recorte da ACV e é usada para avaliar as emissões de CO_2 como uma saída ao longo de todo o ciclo de vida de um edifício. A abordagem considera todas as emissões de carbono equivalente produzidas por um edifício em diferentes fases do seu ciclo de vida. A quantificação das emissões de $CO_{2\text{-eq}}$ é importante para avaliar o potencial de aquecimento global do sistema em questão.

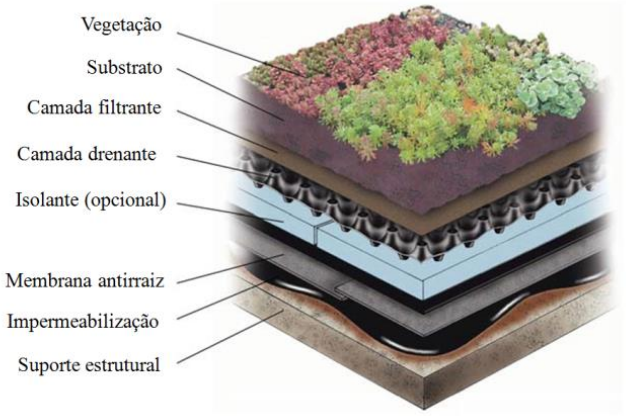
2. OBJETIVO

Avaliar as emissões de CO_2 de diferentes tipos de Telhado Verde nas fases do seu ciclo de vida, que foram: pré-uso (considerando extração e processamento de matérias-primas) e uso (operação e manutenção). Os tipos de telhado verde avaliados foram o Modular e o Vernacular.

3. TELHADO VERDE (TV)

Telhado verde ou cobertura vegetal, jardim suspenso, terraço-jardim, teto verde, cobertura verde, *green roof* é um tipo de cobertura que, segundo Peri et al. (2012), possui um substrato (solo ou meio de cultura) com vegetação. É composto por camadas sobrepostas, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1. Camadas constituintes de um telhado verde



Adaptado de Tolderlund, 2010.

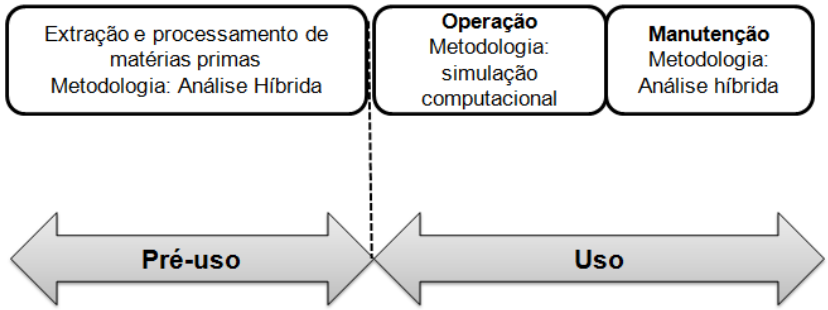
Na literatura científica, observa-se que o alto consumo energético e emissões de gases poluentes provocados pelo cimento e aço já estão consolidados. Dessa forma, a escolha da madeira no suporte estrutural foi em busca de estratégias mais ambientalmente favoráveis, já que o telhado verde é um sistema construtivo que pode permitir variações e aplicação sobre diversas superfícies e estruturas (Tavares et al., 2014). A estrutura de madeira é composta por vigas em madeira

maciça (*Pinus*) com fechamento em compensado estrutural do tipo *Oriented Strand Board* (*OSB*) para servir de base para o telhado verde extensivo. A geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) foi usada para impermeabilização. Tanto o suporte estrutural como a membrana impermeabilizante são comuns nos dois telhados analisados.
O telhado verde modular (TVM) utilizado nesta pesquisa é semelhante ao utilizado em um dos sistemas analisados por Lopes (2014). Os módulos situam-se sobre a camada antirraiz (manta geotêxtil com 100% de poliéster) e substituem a camada drenante e filtrante.
O telhado verde vernacular (TVV) escolhido possui manta geotêxtil na função antirraiz, camada drenante composta por argila expandida e a camada filtrante feita também por manta geotêxtil, semelhante à disposição proposta por Lopes (2014).

4. MÉTODO DE PESQUISA

O estudo foi aplicado em uma unidade de habitação de interesse social típica brasileira situada em Brasília-DF, com uma cobertura que totaliza 50 m². A unidade funcional adotada foi de 1 m² de cobertura e 50 anos de vida útil. A vedação vertical foi considerada do tipo convencional (bloco cerâmico com revestimento interno e externo) e igual para os dois tipos de Telhado Verde.
A metodologia utilizada em cada fase do ciclo de vida é apresentada na Figura 2.

Figura 2. Metodologia utilizada em cada fase do ciclo de vida



As emissões de GEE ($CO_{2\text{-eq}}$) foram quantificadas na fase de pré-uso (extração e processamento de matérias-primas) pela metodologia de análise híbrida que, segundo Chau et al. (2015), consiste em utilizar dados de processo sempre que disponíveis para preencher as lacunas de um sistema com os dados de entrada-saída, a fim de avaliar inteiramente a cadeia de um produto. Na Tabela 1 são apresentados os dados de materiais, com os fatores de $CO_{2\text{-eq}}$ incorporado por unidade de medida (UM), que pode ser em peso ou volume de acordo com suas respectivas fontes. Não foi considerada a fase de transporte para o pré-uso.

Tabela 1. Quantidade de materiais para 1 m² de cobertura do Telhado Verde Vernacular (TVV) e do Telhado Verde Modular (TVM)

	MATERIAIS E COMPONENTES	QUANTIDADE (POR UNIDADE FUNCIONAL)	$FCO_{2\text{-eq}}$ (kg $CO_{2\text{-eq}}$/UM)	Fonte
TVM	OSB - CHAPA DE COMPENSADO	0,02 m³	623,55	Silva e Silva (2015)
	VIGAS DE ANGELIM PEDRA 7x15 cm	0,02 m³	73,22	Silva e Silva (2015)
	MEMBRANA PEAD	1,00 m²	0,34	EPD[1]
	MÓDULO PLÁSTICO (PEAD)	0,22 m²	0,34	EPD[1]
	MANTA GEOTÊXTIL	1,00 m²	15,08	EPD[1]
	SUBSTRATO	1,00 m²	76,61	Myrans (2009)
	VEGETAÇÃO CACTO MARGARIDA	1,00 m²	-	
TVV	OSB - CHAPA DE COMPENSADO	0,02 m³	623,55	Silva e Silva (2015)
	VIGAS DE ANGELIM PEDRA 7x15 cm	0,02 m³	73,22	Silva e Silva (2015)
	MEMBRANA PEAD	1,00 m²	0,34	EPD[1]
	MANTA GEOTÊXTIL (ANTIRRAIZ)	1,00 m²	15,08	EPD[1]
	ARGILA EXPANDIDA	0,05 m³	66,56	Myrans (2009)
	MANTA GEOTÊXTIL (FILTRO)	1,00 m²	15,08	EPD[1]
	SUBSTRATO	1,00 m²	76,61	Myrans (2009)
	VEGETAÇÃO CACTO MARGARIDA	1,00 m²	-	

[1] EPD - *Environmental Product Declarations* (Declaração Ambiental de Produto)

A preferência da busca foi para dados nacionais e, na ausência deles, utilizou-se os dados contidos em Declarações Ambientais de Produto (*Environmental Product Declarations* - EPDs). Os dados do substrato foram extraídos na forma de energia incorporada (2128 MJ/m² de telhado verde) e a conversão de que 1 MJ emite 0,036 $KgCO_{2\text{-eq}}$ foi encontrada por uma média dos últimos anos do Balanço Energético Nacional (BEN). Os dados da argila expandida também foram extraídos na forma de energia incorporada e foram adaptados de Myrans (2009). Neste caso, a mesma conversão do substrato foi realizada.

Para a fase de uso, a etapa operacional foi considerada pelo consumo energético para condicionar o ambiente. Novamente, houve a conversão de energia para emissões de $KgCO_{2\text{-eq}}$. Nesta fase foi utilizado o software *Design Builder*, do *Energy Plus*, que é o recomendado pela ABNT NBR 15575 (2013) (Norma de Desempenho). A simulação foi feita com base no projeto de uma habitação constituída por vedação vertical de blocos cerâmicos (convencional) e cobertura com suporte estrutural em madeira e telhado verde, modular e vernacular. Foi feita a inserção do arquivo climático (extensão TRY do INMET 2015) retirado do Laboratório de energia e eficiência energética (LabEEE - UFSC) e o aparelho de condicionamento admitido foi o *split* (CoP = 2,8).

Na etapa de manutenção, os materiais que serão repostos na vida útil da habitação foram contabilizados. O substrato necessita de reposição anual (20%/ano), segundo Lamnatou; Chemisana (2014), ou seja, na vida útil de 50 anos da cobertura, o fator de reposição foi de 10. A membrana e o módulo de PEAD possuem vida útil de 30 anos (segundo a Declaração Ambiental de Produto) e, portanto, foram consideradas com fator de reposição igual a 1 (um), o que significa que foram repostos uma única vez em todo o ciclo de vida da cobertura no TVM. Por questões de funcionalidade, a manta geotêxtil também foi reposta na troca da impermeabilização.
O que ocorreu no TVV é que, no momento da troca da membrana de PEAD, todas as camadas sobrepostas foram trocadas: as duas mantas geotêxteis, a argila expandida e o substrato. Então, houve um acréscimo no fator de reposição do substrato. Os dados relativos à manutenção foram agrupados na Tabela 2.

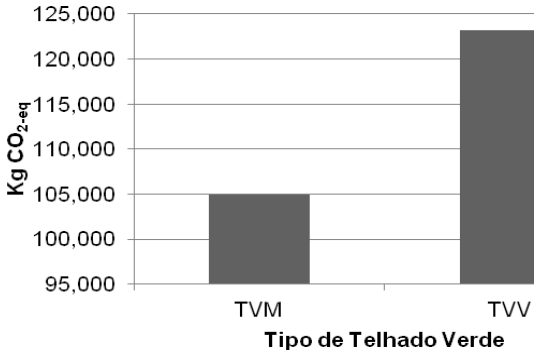
Tabela 2. Quantitativo e fator de reposição na etapa de manutenção

	MATERIAIS E COMPONENTES	QUANTIDADE	$FCO_{2\text{-eq}}$ (kg $CO_{2\text{-eq}}$/UM)	Fator de Reposição (FR)
TVM	MEMBRANA PEAD	1,00 m²	0,34	1
	MÓDULO PLÁSTICO (PEAD)	0,22 m²	0,34	1
	MANTA GEOTÊXTIL	1,00 m²	15,08	1
	SUBSTRATO	1,00 m²	76,61	10
TVV	MEMBRANA PEAD	1,00 m²	0,34	1
	MANTA GEOTÊXTIL (2x)	2,00 m²	15,08	1
	ARGILA EXPANDIDA	0,05 m³	66,56	1
	SUBSTRATO (REPOSIÇÃO ANUAL)	1,00 m²	76,61	10
	SUBSTRATO (REPOSIÇÃO ÚNICA)	1,00 m²	76,61	1

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase de pré-uso, o resultado está mostrado na Figura 3. Observa-se a diferença de pouco mais de 18 $KgCO_{2\text{-eq}}$ entre os dois tipos analisados.

Figura 3. Resultado da $ACVCO_2$ para a fase de pré-uso



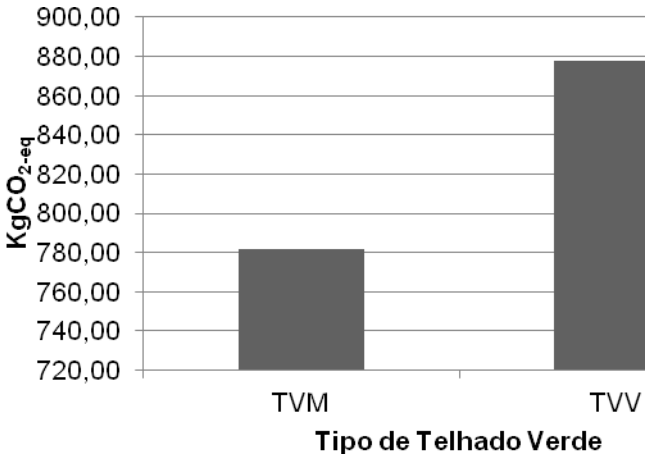
Apesar de usar maior quantidade de plástico, o TVM apresentou menor valor de emissões de $CO_{2\text{-eq}}$ em relação ao TVV, devido a grande quantidade de argila expandida utilizada na camada de drenagem. Chenani et al. (2015) concluíram que a lã de rocha[2], as camadas de plásticos e a argila expandida possuem elevada carga ambiental. Bianchini; Hewage (2012) também criticam o telhado verde pela quantidade excessiva de polímero.
A maior quantidade de manta geotêxtil gerou mais emissões de $CO_{2\text{-eq}}$ incorporadas do que o PEAD.
Na fase de uso, tem-se o resultado da etapa operacional (Tabela 3). Não há diferença entre os resultados simulados no software Design Builder. Isso possivelmente ocorre pela similaridade dos valores de transmitância térmica entre os dois tipos de telhado verde.

Tabela 3. Resultado etapa operacional por unidade funcional (m² de cobertura)

Tipo de telhado	Transmitância térmica (U)	Total consumo energético (kWh/ano)	Total $KgCO_{2\text{-eq}}$/ano	Total $KgCO_{2\text{-eq}}$ na vida útil
TVM	0,83	9,831	1,2741	63,7049
TVV	0,63	9,831	1,2741	63,7049

Para a etapa de manutenção, observa-se, na Figura 4, a diferença de quase 100 $KgCO_{2\text{-eq}}$. Novamente, o TVV é superior pela necessidade de repor todas as camadas sobrepostas com a reposição da membrana impermeabilizante de PEAD.

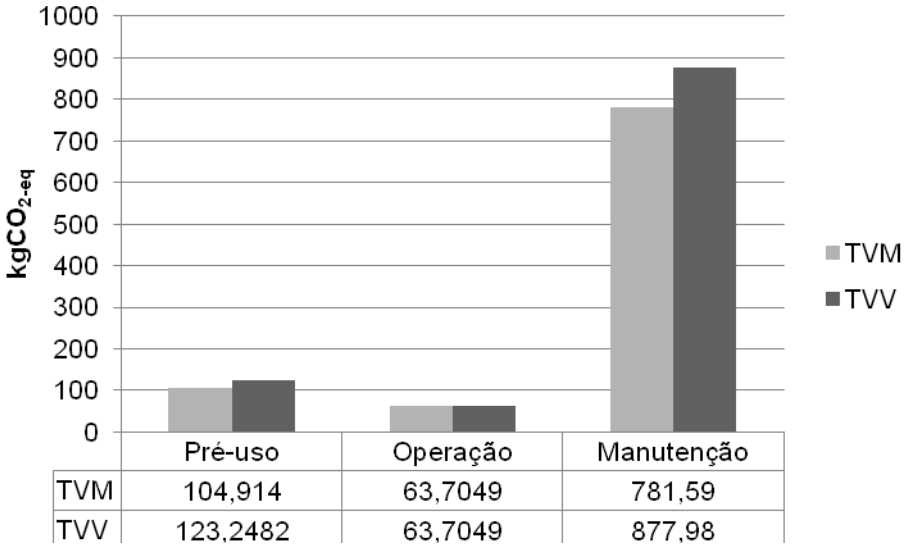
Figura 4. Resultado da $ACVCO_2$ da etapa de manutenção



O consumo energético na etapa de operação não se equilibra com o excesso de emissões de $CO_{2\text{-eq}}$ nas outras fases do TVV. O módulo plástico apresenta um melhor manuseio do sistema de cobertura, facilitando a execução e a manutenção, além de economia de materiais. A contribuição de cada fase dentro do ciclo de vida analisado é apresentada na Figura 5.

[2] O uso de isolante térmico, como a lã de rocha, é comum em países do hemisfério norte, especialmente pelas baixas temperaturas no inverno. No Brasil, o uso mais frequente para isolamento é o EPS.

Figura 5. Resultado por fase da ACVCO_2



	Pré-uso	Operação	Manutenção
TVM	104,914	63,7049	781,59
TVV	123,2482	63,7049	877,98

A fase de manutenção teve a maior contribuição na ACVCO_2 pela reposição anual do substrato, que já possui elevado fator de CO_2 incorporado e elevada quantidade reposta. Ao mesmo tempo em que o TVM se apresenta como uma alternativa mais favorável dentro dos tipos de telhado verde apresentados, os dois sistemas analisados são tecnologias que reduzem bastante o consumo energético na fase operacional.

Por ser um sistema com baixo valor de transmitância térmica (menor que 1), surgiu a necessidade de comparação com um sistema convencional de cobertura (cobertura em telha cerâmica com forro em laje mista) muito utilizado em habitações de interesse social no Brasil, que possui transmitância maior que o dobro do telhado verde. Portanto, a mesma habitação arbitrária, com a cobertura convencional e a mesma vedação vertical, consome quase seis vezes mais energia que o telhado verde (modular ou vernacular), simulação feita no mesmo *software Design Builder*.

6. CONCLUSÃO

O telhado verde modular (TVM) se mostrou como uma alternativa mais vantajosa em todas as fases do ciclo de vida analisadas na pesquisa. O Telhado verde vernacular (TVV) requer o acréscimo da manta geotêxtil e da argila expandida para filtro e drenagem, respectivamente. Além disso, na sua manutenção, na necessidade de troca de uma camada, todas as outras sobrepostas deverão ser trocadas também, resultando em uma dificuldade de manuseio e aumento do consumo de recursos. A etapa operacional não mostrou diferença entre os dois sistemas analisados, possivelmente pela proximidade dos valores da transmitância térmica.

A etapa de manutenção representou 82% do total de $kgCO_{2\text{-eq}}$ emitido pelo sistema, nos dois tipos analisados. A diferença do TVM e do TVV foi de 114,72 $kgCO_{2\text{-eq}}$. Observa-se que, além da facilidade que os módulos proporcionam no TVM, seu potencial de aquecimento global é menor que no TVV.

As pesquisas futuras podem englobar outras estratégias utilizadas para o aumento da eficiência energética na fase de uso, desde que não comprometam o aumento de emissões de gases poluentes nas outras etapas. Além disso, outras categorias de impacto podem ser também analisadas, como depleção abiótica e toxicidade humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.575-1. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2013.

ATMACA, A.; ATMACA, N. Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions ($LCCO_2A$) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. Energy and Building, v. 102, p. 417-437, 2015.

BIANCHINI, F.; HEWAGE, K. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. Building and Environment**,** v. 48, p.57-65, 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima, Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 2013. Brasília.

CHAU, C.; LEUNG, T.; NG, W. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. Applied Energy, v. 143, p.395-413, 2015.

CHENANI, S. B.; LEHVÄVIRTA, S.; HÄKKINEN, T. Life cycle assessment of layers of green roofs. Journal of Cleaner Production, v. 90, p.153-162, 2015.

COMA, J.; PÉREZ. G.; SOLÉ, C.; CASTELL, A.; CABEZA, L. Thermal assessment of extensive green roofs as passive tool for energy savings in buildings**.** Renewable Energy, v. 85, p.1106-1115, 2016.

CONTARINI, A.; MEIJER, A. LCA comparison of roofing materials for flat roofs**. Smart and** Sustainable Built Environment, Vol. 4, p.97 - 109, 2015.

DESIGN BUILDER. Site oficial do software Design Builder. Disponível em: <http://www.designbuilder.co.uk/content/view/7/13/>. Acesso em 29/10/2016.

DuPont de Nemours (Luxembourg). 1570B monolayer high density polyethylene (HDPE) membranes manufactured. Environmental Product Declaration. Institute Bauen und Umwelt e.V. 2016.

LAMNATOU, C.; CHEMISANA, D. Photovoltaic-green roofs: a life cycle assessment approach with emphasis on warm months of Mediterranean climate. Journal of Cleaner Production, v. 72, p.57-75, 2014.

LOPES, T. V. Telhado verde, energia embutida e emissão de CO_2: uma análise comparativa a sistemas de cobertura convencionais. Curitiba, 92 p., 2014. Monografia (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LUCKETT, K. Green Roof Construction and maintenance. Estados Unidos: Mcgraw-hill's Greensource Series, 2009. 208 p.

MYRANS, K. Comparative energy and carbon assessment of three green technologies for a toronto roof. Toronto, 153 p., 2009. Dissertação (Mestrado) - University of Toronto.

PAULSEN, J.; SPOSTO, R. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”. Energy and Building, v. 57, p. 95-102, 2013.

PERI, G.; TRAVERSO, M.; FINKBEINER, M.; RIZZO, G. Embedding “substrate” in environmental assessment of green roofs life cycle: evidences from an application to the whole chain in a Mediterranean site. Journal of Cleaner Production, v. 35, n. 1, p.274-287, 2012.

SAVI, A. C. Telhados verdes: uma análise da influência das espécies vegetais no seu desempenho na cidade de Curitiba. Curitiba, 179 p., 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G. Seleção de materiais e edifícios de alto desempenho ambiental. In: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. Edifício Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Cap. 5. p. 129-151.

TAVARES, S.; LOPES, T.; SAVI, A; OLIVEIRA, E. Telhado verde, energia embutida e emissão de CO_2: análise comparativa a coberturas convencionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, Maceió. Anais do XIV ENTAC. Maceió: ANTAC, 2014. P. 1-10.

TOLDERLUND, L. Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West. Colorado: LEED AP, GRP, University of Colorado Denver, 2010. 59 P.

WRSD FABRICS. Product category rules (PCR): Group Woven fabrics of man-made filaments and staple fibres. Environmental Product Declaration. Swerea IVF. 2012.

80. CERTIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO DO CAMPUS ALTO PARAOPEBA

LADEIRA, Gustavo[1](gustavocivilcap@yahoo.com.br); GOMES, Marina[2] (marina120991@gmail.com); SOBRENOME, Nome[3](email)
[1]Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Brasil
[2]Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Brasil
[3]Instituição (SIGLA), Pais

RESUMO
A construção civil, além de possuir um papel fundamental na economia mundial com a geração de renda e empregos, é uma área responsável por uma grande geração de resíduos, utilização de materiais, consumo de água e energia, e emissão de gás carbônico. Agir de forma sustentável, torna-se uma oportunidade de minimizar desperdícios, reduzir custos, aprimorar processos e possibilitar inovações na construção civil. O presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre sustentabilidade neste setor, abordando o selo AQUA com aplicabilidade no Brasil. Apresenta-se um estudo de caso que aborda o Campus Alto Paraopeba (CAP) da Universidade Federal de São João del-Rei, demonstrando a viabilidade da adoção de medidas (reformas) sustentáveis cabíveis e necessárias, verificadas por meio de uma pesquisa de interesse pela obtenção da certificação sustentável AQUA para o campus, na concepção de alunos e professores. Finda-se expondo a classificação das 14 categorias exigidas pela certificadora para obtenção do selo.
Palavras-chave: sustentabilidade, AQUA, CAP, categorias.

SUSTAINABLE BUILDING CERTIFICATION: CASE STUDY ON ALTO PARAOPEBA CAMPUS

ABSTRACT
In addition to its fundamental role in world's economy generating income and employs, the civil construction is a field responsible for a considerable generation of residue, different materials use, water and energy consumption and carbon dioxide emissions. Acting in a sustainable way becomes an opportunity to minimize wastes, decrease costs, improve process and allow innovations in civil construction area. This paper presents a literature review about sustainability in the civil construction industry approaching the AQUA label with applicability in Brazil. It is presented a case study that addresses the Campus Alto Paraopeba (CAP) from Universidade Federal de São João del-Rei proving the feasibility of adopting possibles and essencials sustainable measures, verified through a research of interest for obtaining a sustainable certification AQUA for the campus in the students and professors conceptions. Finally the changeable requirements are exposed the fourteen categories of classification required by the certifier to getting the label.
Keywords: sustainability; AQUA; CAP; categories.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A Construção Civil é um setor de extrema importância mundial, sendo no Brasil um dos ramos de maior impacto financeiro e ambiental. Em 2011, a construção civil representava 8,4% dos empregados no Brasil, e em 2014 era responsável por 6,5% do PIB nacional. Apesar de vivenciarmos uma crise atualmente, o ramo da construção civil possui grande papel empregatício no Brasil, e é um setor responsável por uma grande quantidade de consumo de materiais, emissão de gases, uso de energia e água, e insumos (JÚNIOR, 2015).

De acordo com a *Green Building Council* Brasil (FUJIHARA, 2012):

- 50% a 70% dos resíduos gerados são oriundos da construção civil;
- 15% a 50% dos recursos naturais extraídos são utilizados pela construção civil;
- 15% a 25% da madeira extraída é utilizada na construção civil, sendo que no Brasil a maior parte é ilegal;
- No Brasil são consumidos 220 milhões de toneladas por ano de agregados naturais na produção de concretos e argamassas;
- 42% do uso de eletricidade é destinado à construção civil; e
- 21% do uso de água é destinado à construção civil.

De uma maneira geral, práticas sustentáveis tornam-se rotineiras quando são associadas à economia perceptível. Encontram-se no mercado atualmente, materiais de construção certificados por respeitarem processos de extração e manipulação que respeitam premissas ambientais, assim como é possível utilizar-se de práticas alternativas para suprimento de uso de eletricidade e minimização do consumo de água em edificações (VIEIRA; VIEIRA, 2012).

Construir de forma sustentável torna-se uma excelente alternativa para redução de desperdícios e impactos ambientais, proporcionando uma diminuição do uso de água e eletricidade, fortalecendo empresas preocupadas em produzir materiais em equilíbrio com o meio ambiente, estimulando uma reciclagem no ramo de mão de obra com aprimoramento de práticas que visam uma ideologia de reduzir, reciclar e reutilizar materiais, e acima de tudo, zelar por um produto final que proporcione conforto e economia à longo prazo aos usuários finais das edificações (VIEIRA; VIEIRA, 2012).

Diante da importância da sustentabilidade na construção civil, destaca-se os selos de construção sustentável que são contemplados por certificadoras de visibilidade internacional que buscam uma mudança de conceitos e práticas, afim de implementar práticas sustentáveis no setor da construção civil.

Construir de forma sustentável representa um acréscimo em torno de 8% a 10% do valor inicial da obra quando visa-se uma certificação, valor este, que a longo prazo é recuperável com diminuição de gastos com energia e água, por exemplo, além de proporcionar conforto nas edificações. De acordo com um estudo da *Green Brands Global Survey* em 2009, 73% dos brasileiros planejam aumentar seus gastos com produtos e serviços sustentáveis, sendo que 28% deles, planejam um gasto de até 30% a mais do valor da obra com produtos e serviços sustentáveis.

O Campus Alto Paraopeba (CAP), é um campus fora de sede da Universidade Federal de São João del-Rei. Localizado na cidade de Ouro Branco (MG – Brasil), abriga-se cinco cursos de graduação em engenharias e cursos de pós graduação em áreas comuns e de aplicabilidade à engenharia. A sustentabilidade faz parte das diretrizes do campus e do anseio da comunidade acadêmica, o que torna interessante ao mesmo a verificação das possibilidades de uma certificação para sua edificação e envoltória.

1.2 Revisão bibliográfica

Os impactos causados por uma edificação ou outro tipo de obra civil, devem ser analisados desde a fase de concepção do projeto sobre onde esta obra será executada, passando pelas técnicas construtivas que serão utilizadas, pelos materiais empregados, interferências arquitetônicas referentes à minimização de recursos energéticos para atender a conforto térmico, iluminação e acústica, avaliação do consumo hídrico, utilização e manutenção da edificação, e uma possível demolição da mesma (VIEIRA; VIEIRA, 2012).

A certificação sustentável, também chamada de selo verde ou certificação ambiental, consiste em um instrumento de política ambiental concedida por alguma entidade controladora ou organismo autorizado, geralmente na forma de um logotipo ou etiqueta que atribui a um produto a visibilidade que o mesmo cumpre uma série de critérios ambientais regulamentados e que a empresa construtora trabalha de forma economicamente eficiente, socialmente útil e responsável na questão ambiental.

Adequar uma edificação aos processos necessários para obtenção de uma certificação sustentável e posteriormente adquirir um selo atribui inúmeras características positivas ao empreendedor, ao comprador e sócio-ambientais. Mensura-se características como redução de resíduos, proteção da atmosfera, redução do uso de água e energia, proteção do solo, melhor gestão de recursos naturais, qualidade do ambiente da edificação com diminuição de ruídos, melhoria de ventilação e iluminação naturais, economia à longo prazo, evolução tecnológica, competência mercadológica com status à empresa executora e ao imóvel, garantia de uma edificação que apresentará minimização de problemas durante sua vida útil, e responsabilidade social e ambiental de todos os envolvidos.

1.2.1 AQUA – Alta Qualidade Ambiental

O AQUA-HQE (Alta qualidade ambiental) foi implantado no Brasil pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini, em outubro de 2007. Esse processo tem base na correspondente francesa Dérmache HQE. O selo AQUA tem como objetivo a qualidade ambiental de uma nova edificação ou uma reforma, utilizando-se de auditorias independentes (PORTAL VANZOLINI, 2011).

O AQUA tem como ideologia avaliar a sustentabilidade da construção, em termos de impacto ao meio ambiente, conforto e saúde, adequando-se às necessidades propostas para o estudo de caso. Assim, a escolha pelo AQUA sustenta-se por ser uma certificação que leva em consideração o desempenho das soluções adotadas e não necessita de projetos pré-concebidos, o que permite adequar uma solução de projeto às necessidades de determinado local, visto que a adaptação do HQE francês para o AQUA no Brasil contempla legislações, regulamentações, parâmetros de desempenho e características do Brasil (PORTAL VANZOLINI, 2011).

2. OBJETIVO

O CAP atualmente não possui uma certificação sustentável no que tange sua edificação, embora apresente em seus objetivos a promoção do desenvolvimento sustentável. Tal certificação lhe proporcionaria credibilidade e visibilidade na comunidade acadêmica nacional e internacional, fortalecendo sua ideologia e apreço pela sustentabilidade. A viabilidade pela certificação AQUA é o objetivo desse presente artigo, assim como as medidas (reformas) necessárias de acordo com a comunidade acadêmica.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Campus Alto Paraopeba – CAP

O Campus Alto Paraopeba, é um campi fora de sede da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) que foi concebido, considerando as diretrizes do Campus Alto Paraopeba e do REUNI, os quais definem o direcionamento de expansão das instituições federais de ensino. O campus localiza-se na Rod.: MG 443, km 7, na divisa das cidades de Ouro Branco e Congonhas, ambas em Minas Gerais. Instalado no antigo Centro de Treinamento da Gerdau-Açominas, o prédio e área foram cedidos à UFSJ para implantação exclusiva do Campus, a uma altitude de aproximadamente 1033 m com clima subtropical úmido.

O CAP conta com cinco cursos de graduação em engenharias, sendo Engenharia Civil, Engenharia de Bioprocessos, Engenharia de Telecomunicações, Engenharia Mecatrônica e Engenharia Química, e cursos de pós-graduação, destacando-se o Programa de Pós-Graduação em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável. Segundo Cláudio Alexandre Pinto Tavares, Diretor da Divisão de Prefeitura do Campus Alto Paraopeba, atualmente o campus conta com uma população de aproximadamente 2210 pessoas, sendo 2000 alunos, 120 professores, 50 técnicos e 40 terceirizados (Informação Verbal).

A infraestrutura atual do CAP, é constituída por salas de aula, salas de professores, laboratórios, salas de coordenadorias, salas de programas acadêmicos, salas de serviços técnicos e gerais, 1 biblioteca e 1 restaurante universitário.

O anseio por um campus envolvido com práticas sustentáveis faz parte das premissas do Plano Diretor do Campus Alto Paraopeba.

> "... qualquer projeto executado dentro do Campus Alto Paraopeba deve estar atento ao uso consciente dos recursos naturais, visando a minimização dos desperdícios, o uso de energias limpas e renováveis e a integração com a natureza, uma vez que somos privilegiados pela natureza que nos cerca e pela fauna que nos visita diariamente.". (PLANO DIRETOR CAP, UFSJ, 2010).

Afim de verificar o interesse dos alunos e professores do CAP sobre uma possível certificação para o campus, e o quão uma certificação pode ser importante para a comunidade acadêmica, realizou-se um questionamento com os alunos e professores.

O questionamento enfatizou questões relativas ao conhecimento dos mesmos sobre a certificação AQUA, o interesse pela busca da certificação e quais aspectos no campus poderiam ser adaptados afim de adotar medidas sustentáveis para as mesmas.

O questionamento foi realizado com 100 alunos dos 5 cursos de graduação e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável, que representa aproximadamente 5 % dos alunos do campus, e com 10 professores que representa 8,33 % dos professores do campus. As medidas apresentadas pelos alunos e professores foram adaptadas afim de suprir as exigências das categorias para obtenção da certificação AQUA.

3.2 Obtenção da certificação AQUA

O processo de certificação é estruturado em torno dos aspectos relacionados a implementação do sistema de gestão ambiental, a adaptação do ambiente e seu entorno, e as informações transmitidas pelo empreendedor aos usuários.

O Processo AQUA tem como fundamento o conceito de que um dos métodos mais confiáveis de obter o desempenho ambiental passa pelo apoio de uma organização eficaz e rigorosa do

empreendimento. Desta forma o referencial técnico de certificação estrutura-se em dois elementos:

- SGE (Sistema de Gestão do Empreendimento), avalia o sistema de gestão ambiental implementado; e
- QAE (Qualidade Ambiental do Edifício), avalia o desempenho arquitetônico e técnico do edifício.

Esta estrutura utilizada permite que exista a organização necessária para se atingir a qualidade ambiental desejada. O SGE define a qualidade ambiental, organiza e controla os processos operacionais em todas as fases do programa, passando pela concepção (projeto), realização (obra) e Operação ou Uso.

O referencial técnico do SGE se organiza, segundo a Fundação Vanzolini, em quatro etapas descritas a seguir:

- Comprometimento do empreendedor, onde são descritos os elementos de análise solicitados para a definição do perfil ambiental do empreendimento e as exigências para formalizar tal comprometimento;
- Implementação e funcionamento, no qual são descritas as exigências em termos de organização;
- Gestão do empreendimento, no qual são descritas as exigências em termos de monitoramento e analises críticas dos processos, de avaliação da QAE, de atendimento aos compradores e de correções e ações corretivas; e
- Aprendizagem, onde são descritas as exigências em termos de aprendizagem da experiência e de balanço do empreendimento.

O empreendedor é quem define a organização, competências, métodos, meios e documentação necessária para se atingir os objetivos e exigências propostas. Assim tem-se na mão do empreendedor o papel principal do SGE, atuando na implementação, acompanhamento e melhoria do sistema. Mas estas escolhas devem acontecer sempre de forma justificada e coerente, sendo exigida a formalização das análises, decisões e modificações.

A integração necessária para o cumprimento do SGE demanda tempo e exige do empreendedor qualidades como organização, rigor e capacidade de reação. Sendo bem executado o SGE, se tem um empreendimento bem gerenciado com maiores chances de se alcançar as metas definidas.

O processo de avaliação QAE permite que seja verificado nas diferentes fases do empreendimento a adequação ao perfil ambiental definido. Ele é composto de 14 categorias as quais devem satisfazer as exigências relacionada ao controle de impactos sobre o ambiente externo e à criação de um ambiente interno confortável e saudável. O conjunto de preocupações pode ser reunida em quatro grupos: eco-construção, eco-gestão, conforto e saúde. Apresenta-se a seguir as categorias agrupadas conforme os aspectos de cada uma.

Ecoconstrução

1- Relação do edifício com o seu entorno.
2- Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos.
3- Canteiro de obras de baixo impacto ambiental.

Ecogestão

4- Gestão da energia.
5- Gestão da água.
6- Gestão de resíduos de uso e operação do edifício.
7- Manutenção – permanência do desempenho ambiental.

Conforto
8- Conforto higrotérmico.
9- Conforto acústico.
10- Conforto visual.
11- Conforto olfativo.
Saúde
12- Qualidade sanitária dos ambientes.
13- Qualidade sanitária do ar.
14- Qualidade sanitária da água.

Cada uma das 14 categorias do AQUA-HQE pode ser classificada no nível BASE, BOAS PRÁTICAS ou MELHORES PRÁTICAS, e cabe ao empreendedor definir quais categorias atingirão a classificação máxima, intermediária ou mínima, dependendo do contexto e de sua estratégia de sustentabilidade. Para um empreendimento ser certificado AQUA-HQE, o empreendedor deve ter um perfil mínimo de desempenho com 3 categorias no nível MELHORES PRÁTICAS, 4 categorias no nível BOAS PRÁTICAS e 7 categorias no nível BASE.
Para a certificação de uma nova construção ou reforma têm-se que constatar o atendimento aos critérios dos Referenciais Técnicos de Certificação e comprovar o alcance do perfil mínimo.

3.3 Processo e regras para a certificação AQUA

Processo de solicitação
Para se obter a certificação é necessário em primeiro momento que o empreendedor faça contato com a Fundação Vanzolini.
O solicitante se compromete a respeitar as exigências do Referencial de Certificação AQUA-HQE™ Certificado pela FUNDAÇÃO VANZOLINI, e se compromete a respeitar as regras em vigor e sua evolução ao longo de seu processo de certificação. A ficha de solicitação assim como a carta de solicitação, são colocados à disposição do solicitante pela FUNDAÇÃO VANZOLINI.
O dossiê de solicitação constitui das demandas dos elementos devidamente preenchidos e acompanhados dos documentos solicitados.
Estudo de admissibilidade
Na recepção do dossiê de solicitação, a FUNDAÇÃO VANZOLINI verifica se as condições de admissibilidade foram respeitadas e, principalmente:

- Se a solicitação de certificação diz respeito a um edifício que faz parte do campo de aplicação;
- Se todos os documentos solicitados na ficha de solicitação foram enviados. A FUNDAÇÃO VANZOLINI pode solicitar informações complementares necessárias à admissibilidade do dossiê quando este estiver incompleto; e
- Se a FUNDAÇÃO VANZOLINI dispõe de todos os meios para atender à solicitação.

Esta é considerada admissível se todos os critérios forem atendidos.
Proposta de contrato
Quando a solicitação for aceita, a FUNDAÇÃO VANZOLINI redige um contrato que é preparado com base no dossiê enviado pelo solicitante. Todas as questões financeiras são especificadas no contrato, que é estabelecido respeitando o orçamento vigente.
O processo de certificação é iniciado, quando o solicitante assina o contrato.
Auditoria
As auditorias são realizadas por auditores qualificados e independentes, designados e remunerados pela FUNDAÇÃO VANZOLINI. As auditorias com o solicitante permitem trazer uma

dimensão humana à certificação, oferecendo ao solicitante a possibilidade de justificar suas escolhas em relação ao contexto e aos desafios próprios a cada projeto. De acordo com os procedimentos definidos pela FUNDAÇÃO VANZOLINI, e com as exigências das normas de auditoria independente em vigor, os intervenientes utilizam entrevistas, análises de documentos e observação de situações reais.

No final da auditoria, o auditor apresenta um registro do processo verbal de fechamento ao solicitante, no qual este poderá expressar seus comentários e, eventualmente, seu discordo, registrando o conhecimento do seu conteúdo por meio de sua assinatura. É apresentada também uma ficha de avaliação da auditoria, que deve ser preenchida pelo solicitante e enviada à FUNDAÇÃO VANZOLINI.

Acompanhamento das correções e ações corretivas

O solicitante deve indicar as medidas que pretende tomar para corrigir os desvios considerados, assim como o prazo que julga necessário para executar as correções e as ações corretivas.

Relatório definitivo da auditoria

O relatório definitivo da auditoria, necessário para apresentação à instância de decisão da certificação, é o relatório provisório da auditoria adicionados os planos de ação ou das ações corretivas do solicitante.

Decisão da certificação

Após a análise do Relatório definitivo pela Comissão Técnica, dos eventuais princípios de equivalência e das eventuais questões técnicas, o Diretor de Certificação da FUNDAÇÃO VANZOLINI pode:

- Tomar uma decisão favorável emitindo o certificado da marca com ou sem observações. A carta de comunicação que o edifício do solicitante obteve a marca é acompanhada de um certificado Processo AQUA™ - Certificado pela FUNDAÇÃO VANZOLINI;
- Comunicar sua decisão. Uma decisão pode ser adiada, com o objetivo de complementar o processo, em alguns casos a FUNDAÇÃO VANZOLINI pode, via correio, solicitar informações complementares. Recebidas as respostas, a FUNDAÇÃO VANZOLINI reexaminará o dossiê; e
- Tomar uma decisão desfavorável. Pode tratar-se de uma recusa, de uma advertência, de uma suspensão ou de uma retirada. A FUNDAÇÃO VANZOLINI notifica o solicitante, via correio, sobre sua decisão desfavorável. Nessa notificação, as motivações da decisão serão expostas explicitamente. Em caso de contestação de uma decisão que lhe diga respeito, o solicitante pode manifestar seu desacordo representando junto à FUNDAÇÃO VANZOLINI no prazo de um mês após a notificação da decisão. Se o desacordo persistir, e por demanda do solicitante, a FUNDAÇÃO VANZOLINI consulta a Comissão Técnica e depois informa o solicitante sobre a decisão definitiva tomada em resposta à sua contestação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As 14 categorias foram analisadas com base no Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do Setor de Serviços – Processo AQUA – Escritórios e Edifícios Escolares, da Fundação Vanzolini, de outubro de 2007.

As soluções apresentadas no questionamento realizado com alunos e professores do campus foram tratadas como as soluções necessárias para adequação das 14 categorias exigidas e foram analisadas para classificação de cada categoria. O processo de análise foi realizado de acordo

com as exigências do Referencial Técnico, afim de chegar na classificação mais real através de soluções pertinentes à realidade da instituição. Tais soluções foram:

- Tratamento e destinação dos resíduos gerados no campus;
- Projeto de uma ciclovia que interligue a Avenida Mariza ao CAP;
- Desenvolvimento de um aplicativo de caronas para smartphones;
- Melhoria do transporte público coletivo;
- Expansão da captação de águas pluviais já existentes em alguns blocos do campus, direcionando essa água para um reservatório afim de utilizá-la;
- Plantio de árvores em áreas de circulação de pedestres;
- Construção de pontos de ônibus cobertos;
- Expansão da iluminação externa do campus;
- Opção por produtos, processos e sistemas construtivos que gerem o mínimo de resíduos no momento de execução de obras no campus;
- Os resíduos quando gerados, deverão ser destinados a locais apropriados de descarte e/ou reaproveitamento;
- Escolha de transportadoras idôneas que ofereçam formulários de controle de transporte de resíduos que identificam o local de destinação;
- Evitar incômodos sonoros, visuais, devidos à circulação de veículos e ao material particulado;
- Evitar a poluição do solo e subsolo, da água e do ar;
- Minimização do consumo de água e energia;
- Instalação de painéis solares para geração de energia elétrica;
- Utilização de redutores de pressão nas canalizações (pressões maiores que 300 KPa);
- Conscientização do consumo de água em atividades de manutenção e no uso em geral;
- Troca de torneiras de banheiro por torneiras automáticas de pressão;
- Captação de água dos sistemas de destilação dos laboratórios para utilização em atividades de manutenção;
- Classificação dos resíduos de uso e operação do edifício por categoria, estimulando o fluxo dos resíduos e escolha de cadeias locais de reaproveitamento;
- Gerenciar local e espaço suficientes na zona de produção dos resíduos para colocação dos recipientes coletores;
- Previsão de equipamento de coleta de resíduos;
- Garantia que a estocagem dos resíduos retirados com baixa frequência não atrapalhe a gestão dos resíduos de coleta mais regular;
- Garantia que a estocagem de resíduos não atrapalhe futuras modificações do edifício;
- Automatização e setorização de um sistema que adeque o funcionamento dos ventiladores com a ventilação do ambiente;
- Automatização e setorização de um sistema que adeque a potência das lâmpadas com a luminosidade momentânea do ambiente;
- Automatização e setorização de um sistema para detecção de vazamentos em canalizações;
- Implantação de ventiladores eficientes para assegurar o conforto dos ocupantes;
- Plantio de árvores ao redor dos prédios;
- Implantação de um sistema de manutenção dos ventiladores e janelas;

- Verificação dos pontos que são fontes de odores (áreas de fossas no Restaurante Universitário e laboratórios);
- Adaptação de exaustores nos locais que são focos de fontes de odores;
- Estudo de impacto de poluição causado no ar pelas empresas que circundam o campus;
- Na aquisição de materiais, optar de acordo com a normatização técnica;
- Utilização de materiais compatíveis com a natureza da água distribuída;
- Instalação de tubulações em conformidade com os procedimentos para os materiais em questão;
- Sinalização as redes internas de água;
- Diferenciação por pintura (cores) nas tubulações de rede de água potável e não potável;
- Proteção de todos os equipamentos conectados às redes e à ligação de água pública;
- Oferecer tratamento contra corrosão e incrustação das tubulações; e
- Instalação de torneira para coletar amostras e controlar a qualidade da água.

Após análise das 14 categorias exigíveis adaptando os itens apresentados, verificou-se de acordo com a tabela 1 que o CAP teria reais chances de ser contemplado com a certificação AQUA. Apresentando cinco categorias classificadas como melhores práticas, quatro como boas práticas, duas como base e três categorias sem pontuação. A certificação estaria condicionada à realização de todas as modificações apresentadas e manutenção de características existentes que atendem às exigências do órgão controlador da certificação.

A classificação das categorias no presente artigo foi realizada de acordo com as ponderações apresentadas no Referencial Técnico de Certificação por parte dos autores, afim de verificar a viabilidade da certificação à título acadêmico. Tal classificação quando para obtenção da certificação é realizada por profissional especializado e vinculado à Fundação Vanzolini.

Tabela 1. Desempenho para as categorias analisadas

Melhores práticas	Boas práticas	Base	Sem pontuação
Categoria 1	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 2
Categoria 6	Categoria 5	Categoria 12	Categoria 8
Categoria 7	Categoria 10		Categoria 9
Categoria 13	Categoria 11		
Categoria 14			

Fonte: Categorias analisadas de acordo com o Referencial Técnico de Certificação para edifícios do setor de serviços – Processo AQUA.

5. CONCLUSÃO

Em virtude da ideologia de sustentabilidade estar tão presente em diversos setores da sociedade moderna, surgiu-se o interesse em abordá-la no ramo da construção civil em função de ser um setor altamente impactante ao meio ambiente. Apresentou-se um estudo com foco principal na sustentabilidade na construção civil e o quão nobre se torna uma edificação pautada em práticas sustentáveis.

Através da revisão bibliográfica, que englobou uma contextualização sobre sustentabilidade na construção civil e a certificação AQUA, pode-se aprimorar o conhecimento do quão importante se torna projetos de edificações que buscam medidas sustentáveis. Inúmeros são os benefícios gerados aos empreendedores, compradores e usuários das edificações, e ao meio ambiente.

Com o estudo de caso, verificou-se um satisfatório interesse da população do CAP com a adoção de medidas sustentáveis para melhora do ambiente e da edificação. Alunos e professores apresentaram grande receptividade com a proposta de melhoria no Campus.
Por se tratar de uma edificação pronta e em uso, as necessidades percebidas pelos usuários foram adequadas às premissas das categorias da certificadora AQUA afim de conseguir o melhor desempenho possível e proximidade real de obtenção da certificação. As soluções apresentadas para cada categoria necessitam de um estudo/projeto individual, visto que o processo de obtenção da certificação necessita de protocolos a serem seguidos junto à equipe especializada.
Pela observação dos aspectos analisados, verificou-se a possibilidade de obtenção do selo AQUA para o CAP, e o quanto essa certificação é benéfica ao Campus. Ressaltando que o processo de obtenção de um selo torna-se mais pertinente à uma edificação em fase de construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. A. P. Arquitetura residencial multifamiliar baseada em conceitos sustentáveis: Ensaio projetual à luz dos quesitos da metodologia LEED. Vitória, 249 p., 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo.

FUJIHARA, M. C. Construção sustentável e certificação LEED no Brasil. Green building council Brasil – Construindo um futuro Sustentável, 2012.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br/>. Acesso em: 22 ago. 2016.

JÚNIOR, J. C. B. A área de construção civil: Aspectos de seu desenvolvimento. Palestra Construção Civil. Ouro Branco, 2015. Universidade Federal de São João del-Rei.

LEITE, V. F. Certificação ambiental na construção civil – Sistemas LEED e AQUA. Belo Horizonte, 50 p., 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Minas Gerais.

Plano diretor UFSJ 2010 – Propostas da comunidade do Campus Alto Paraopeba para o plano diretor da UFSJ. Disponível em: <http://www.cap.ufsj.edu.br/plano_de_ocupacao_do_cap.php>. Acesso em: 28 set. 2016.

PINHEIRO, E. N. Trajetória da sustentabilidade**:** do ambiental ao social, do social ao econômico. Brasília, 14 p., 2012. Estudos avançados – Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília.

Portal Sustentarqui. Disponível em: <http://sustentarqui.com.br/dicas/uma-breve-historia-sobre-os-selos-verdes/>. Acesso em: 23 out. 2016.

Portal Vanzolini. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/aqua>. Acesso em: 20 ago. 2016.

Procel info – Centro brasileiro de informação de eficiência energética. Disponível em: < http://www.procelinfo.com.br/>. Acesso em: 26 ago. 2016.

Site da Universidade Federal de São João del-Rei. Disponível em: <www.ufsj.edu.br>. Acesso em: 10 ago. 2016.

Referencial técnico de certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA – Escritórios e edifícios escolares. Brasil, 241 p., 2007.

Revista Téchne. Ed. 155, p. 72, 2010.

USGBC U. S. Green Building Council. Disponível em: < http://www.usgbc.org/>. Acesso em: 22 ago. 2016.

VIEIRA, P. E.; VIEIRA, C.B. O selo verde na construção civil e a sustentabilidade. Itajaí, 20 p., 2012. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica (Especialização) – UNIVALI.

84. INFLUÊNCIA DAS FONTES DE DADOS NO CONSUMO E MATRIZ ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA CIMENTEIRA

ABRÃO A. R., Pedro[1] (pedro.abrao@lme.pcc.usp.br); REIS C., Daniel[1] (daniel.reis@lme.pcc.usp.br); JOHN M., Vanderley[1]
[1]Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP), Brasil

RESUMO
O cimento é o material mais produzido no mundo e sua produção demanda alto consumo de energia. Logo a indústria cimenteira é responsável por grandes impactos ambientais e a quantificação desses impactos é imprescindível. A metodologia avaliação de ciclo de vida é utilizada para fazer esta quantificação, porém o uso de dados secundários na aplicação desta ferramenta gera resultados que não condizem com a realidade. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência das fontes de dados no consumo e matriz energética da indústria cimenteira. Os resultados mostram que a variabilidade do consumo de energia térmica dependendo da fonte de dados pode chegar a 50%. Esta variabilidade muda de acordo com a fonte de dados utilizada e também do teor de clínquer do cimento. Já o consumo energético elétrico não possui uma relação com o teor de clínquer no cimento, mas sim com a eficiência energética de cada planta cimenteira. A análise das diferentes fontes de dados também influenciou na constituição da matriz energética da indústria cimenteira, onde a participação do coprocessamento variou entre 0 e 38%, a demanda de combustível para produzir uma tonelada de clínquer oscilou entre 95 a 125 kg e a emissão de CO_2 líquida associada a queima dos combustíveis variou entre 260 e 349 kg CO_2/ t clínquer dependendo da fonte de dados analisada.
Palavras-chave: variabilidade no consumo de energia; variabilidade na matriz energética, inventário de ciclo de vida; indústria cimenteira

INFLUENCE OF DATA SOURCES ON ENERGY CONSUMPTION AND ENERGY MATRIX OF BRAZIL'S CEMENT INDUSTRY

ABSTRACT
The cement is the most produced material in the world and its production demand high energy consumption. Soon the cement industry is responsible for major environmental impacts and the quantification of these impacts is essential. The life cycle assessment methodology is used to make this measurement, but the use of secondary data in the application of this tool generates results that don't match with reality. Therefore, the aim of this study is to evaluate the influence of the data sources in the consumption and energetic matrix of the cement industry. The results show that the thermal energy consumption variability, depending on data source can reach 50%. This variability depends on the data source used and also the content of clinker on cement. Electricity energy consumption does not have a relationship with the clinker content in cement, but with energy efficiency at a cement plant. The analysis of different data sources also influenced the establishment of the cement industry energy matrix, where the participation of co-processing ranged between 0 and 38%, the demand for fuel to produce a tonne of clinker ranged from 95 to 125 kg and the net emission of CO_2 associated with the burning of fuels ranged between 260 and 349 kg CO_2/t clinker depending on the data source.
Keywords: Variability in energy consumption; Variability in the energy matrix, Life cycle inventory; Cement Industry

1. INTRODUÇÃO

Um dos problemas atuais da metodologia de ACV é a utilização de dados genéricos para descrever cadeias produtivas. No caso da energia, é prática usual a utilização de apenas um fator de consumo energético obtido em base de dados comerciais como o *Ecoinvent*, *Simapro*, etc para descrever rotas tecnológicas. Os estudos de (MAIA DE SOUZA et al., 2016) e (SOUZA et al., 2015) são exemplos da utilização de valores únicos de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) para descrever cadeias industriais, e não levam em consideração a eventual variabilidade no consumo energético da indústria cimenteira. Tal variabilidade influência nos resultados finais da ACV que, no caso do consumo de energia térmica e elétrica, influência no consumo de combustíveis e emissões de dióxido de carbono (CO_2).

Assim, a realização de uma ACV deve privilegiar o uso de dados primários de abrangência individual e não generalizar resultados únicos (exceto se for expresso em faixas) para uma cadeia produtiva, ou seja, o alcance dos dados unitários deve ser ao nível da empresa. O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), através do ACV Modular, já vem promovendo esta estratégia. Porém, para facilitar a sua implantação ao nível das empresas, propõem uma redução no escopo permitindo que se obtenham resultados de forma mais simples, facilitando a sua implantação na indústria.

No Brasil apenas dois estudos foram publicados avaliando a influência da fonte de dados para as emissões de CO2: para blocos de concreto (OLIVEIRA et al., 2016) e para a produção de cimento brasileiro (ABRÃO et al., 2016). Os resultados obtidos nesses estudos evidenciam uma grande dispersão nos resultados em função da fonte de dados escolhida, mesmo entre dados primários. Constatou-se que nenhum estudo foi publicado avaliando a influência da fonte de dados no consumo energético e constituição da matriz energética da indústria cimenteira.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar a influência de diversas fontes de dados no consumo e matriz energética utilizadas para no desenvolvimento de inventário de ciclo de vida dos principais tipos de cimento comercializados no Brasil.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho foi desenvolvido em duas etapas distintas: i) levantamento do consumo energético térmico e elétrico na produção dos principais cimentos comercializados no Brasil; ii) levantamento da matriz energética da indústria cimenteira apresentada por diversas fontes de dados.

3.1 Consumo energético: térmico e elétrico

Nesta etapa do estudo foi realizado uma investigação em diversas fontes de dados utilizadas no desenvolvimento de inventários de ciclo de vida. São elas: relatórios de empresas do setor, empresas que juntas correspondem a mais de 75% da produção nacional de cimento, o relatório do Balanço Energético Nacional (BENa) (Brasil, 2015), a base de dados "*Getting the Number Rights"* (GNR) e processos da base de dados *Ecoinvent v3.2*.

A Tabela 1 discrimina além do nome da fonte de dado analisada, o ano, cobertura geográfica e detalha quais informações foram encontradas em cada uma das fontes: consumo energético térmico e elétrico, classificação dos combustíveis utilizados, matriz energética e teor de clínquer

médio. Vale ressaltar que o consumo energético avaliado neste trabalho tem como fronteira de estudo do berço ao portão, ou seja, toda a energia térmica ou elétrica consumida desde a extração da matéria prima para produção do cimento até o empacotamento do mesmo.

Tabela 1. Relação das fontes de dados utilizadas nos estudos e as informações encontradas em cada uma delas

Fonte de dados	Referências	Ano	Cobertura Geográfica	Intensidade energética		Classificação de combustíveis (Fosséis, Fósseis alternativos e biomassa)	Matriz energética	Teor de clínquer médio
				Térmica	Elétrica			
GNR	**(WBCSD, 2014)**	2014	Brasil	X	X	X	X	X
BENa	**(BRASIL, 2014)**	2014	Brasil		X	X	X	
Empresa 1	**(VOTORANTIM, 2014)**	2014	Brasil	X	X	X	X	X
Empresa 2	**(INTERCEMENT, 2014)**	2014	Brasil e outros países	X		X		X
Empresa 3	**(LAFARGE, 2014)**	2014	Brasil e outros países	X	X	X		X
Empresa 4.1	**(HOLCIM, 2013)**	2012	Brasil			X	X	X
Empresa 4.2	**(HOLCIM, 2014)**	2014	Brasil e outros países	X	X	X	X	X
***Ecoinvent v3.2* (Canada)**	**(WERNET et al., 2016)**	2008 - 2011	Canada	X	X	X	X	X
***Ecoinvent v3.2* (Suiça)**	**(WERNET et al., 2016)**	2005 - 2009	Suiça	X	X	X	X	X
***Ecoinvent v3.2* (USA)**	**(WERNET et al., 2016)**	2014	USA	X	X	X	X	X
***Ecoinvent v3.2* (RoW)**	**(WERNET et al., 2016)**	1998 - 2015	Mundo	X	X	X	X	X

A análise do consumo energético foi realizada para os principais cimentos comercializados no Brasil, nomeadamente CPII-E, CPII-Z, CPII-F, CPIII, CPIV e CPV que, de forma conjunta, correspondem a mais de 99,5% da produção anual brasileira (SNIC, 2013). Os documentos normativos (NBR 11578) (NBR 5735) (NBR 5736) (NBR 5733) foram utilizados para identificar as faixas de variação do fator clínquer dentro de cada tipo de cimento.

Os dados então foram extraídos diretamente dos relatórios de sustentabilidade das empresas e da base de dados GNR e então calculou-se o consumo energético térmico de cada um desses cimentos. Uma aproximação foi feita dado que 99% da energia térmica consumida no processo de fabricação do cimento está relacionada a produção do clínquer (AFKHAMI et al., 2015). Portanto,

tendo o teor médio de clínquer ($\mathbf{k_M}$) nos cimentos, consumo energético na produção do clínquer ($\mathbf{C_C}$) e o teor de clínquer do cimento analisado (**k**) é possível calcular através da Equação 1 a consumo energético térmica para diferentes tipos de cimentos ($\mathbf{C_T}$), para diversas fontes de dados.

$$C_T = k * C_C * k_M^{-1} \quad \textbf{(1)}$$

Já para se obter o consumo energético térmico nos processos da base de dados *Ecoinvent v3.2*, foi realizado um procedimento diferente, já que os mesmos não forneciam diretamente esta informação. Então foi levantado dentro desses processos todos os combustíveis utilizados para a produção de clínquer. Através deste quantitativo, utilizou-se fatores de energia incorporada (Tabela 2) de cada um desses insumos e então foi possível calcular o consumo energético térmico do clínquer. Na sequência a mesma fórmula apresentada anteriormente foi aplicada para analisar o consumo energético térmico dos cimentos estudados.

Tabela 2. Energia incorporada dos insumos e fator de emissão

Classificação	Insumo	Unidade	Energia incorporada	Referências	Fator de emissão	Referências
Fósseis	Carvão mineral	MJ/KG	28,89	(BRASIL, 2015)	96 KG/GJ	(WBCSD, 2011)
	Óleo combustível	MJ/CM³	40,7	(BRASIL, 2015)	77,4 KG/GJ	(WBCSD, 2011)
	Gás natural	MJ/M³	36,84	(BRASIL, 2015)	56,1 KG/GJ	(WBCSD, 2011)
	Coque de petróleo	MJ/KG	36,43	(BRASIL, 2015)	92,8 KG/GJ	(WBCSD, 2011)
Fósseis alternativos	Pneus	MJ/KG	31,4	(LAMAS; PALAU; CAMARGO, 2013)	85 KG/GJ	(WBCSD, 2011)
	Residuo industrial	MJ/KG	15,8	(KÄÄNTEE et al., 2004)	83 KG/GJ	(WBCSD, 2011)
	Residuos de petróleo	MJ/KG	29	(KÄÄNTEE et al., 2004)	80 KG/GJ	(WBCSD, 2011)
Biomassa	Biomassa	MJ/KG	7,1	(LAMAS; PALAU; CAMARGO, 2013)	110 KG/GJ	(WBCSD, 2011)
	Residuo agricultura	MJ/KG	16,2	(KÄÄNTEE et al., 2004)	89 KG/GJ	(WBCSD, 2011)
	Carvão vegetal	MJ/KG	27,05	(BRASIL, 2015)	N/A	
	Eletricidade	MJ/KWH	5,21	(BRASIL, 2015)		

Já o cálculo do consumo energético elétrico não foi realizado utilizando o mesmo método citado acima, visto que o consumo de energia elétrica não possui uma relação direta com o teor médio de clínquer do cimento. Deste modo, a análise foi feita de acordo com os dados publicados pelas fontes de dados citadas anteriormente.

Por fim com as informações desta etapa do trabalho, foi possível verificar também a porcentagem de participação do coprocessamento na produção dos cimentos. O coprocessamento é um termo utilizado para se referir ao uso de resíduos no processo de manufatura de um produto, cujo intuito no caso da indústria cimenteira, é gerar energia térmica e assim reduzir o uso de combustíveis fósseis (WBCSD, 2014b). Neste trabalho foi considerado combustíveis de coprocessamento os combustíveis fósseis alternativos: pneus, resíduos industriais e resíduos de petróleo; Biomassa: biomassa, resíduos da agricultura e carvão vegetal.

3.2 Matriz energética

Nesta segunda etapa foi realizada uma investigação quanto a matriz energética apresentada pelas seguintes fonte de dados: GNR, Empresa 1, Empresa 4.2, *Ecoinvet v3.2* (USA), *Ecoinvent v3.2* (RoW). Através da porcentagem de participação dos insumos, o consumo energético para a produção de clínquer e fatores de energia incorporada (Tabela 2) foi possível analisar a demanda de cada combustível para a produção de uma tonelada de clínquer. Com o quantitativo de consumo de cada combustível, foi estimado utilizando os fatores de emissão (Tabela 2), as emissões de CO_2 devido a combustão dos mesmos.

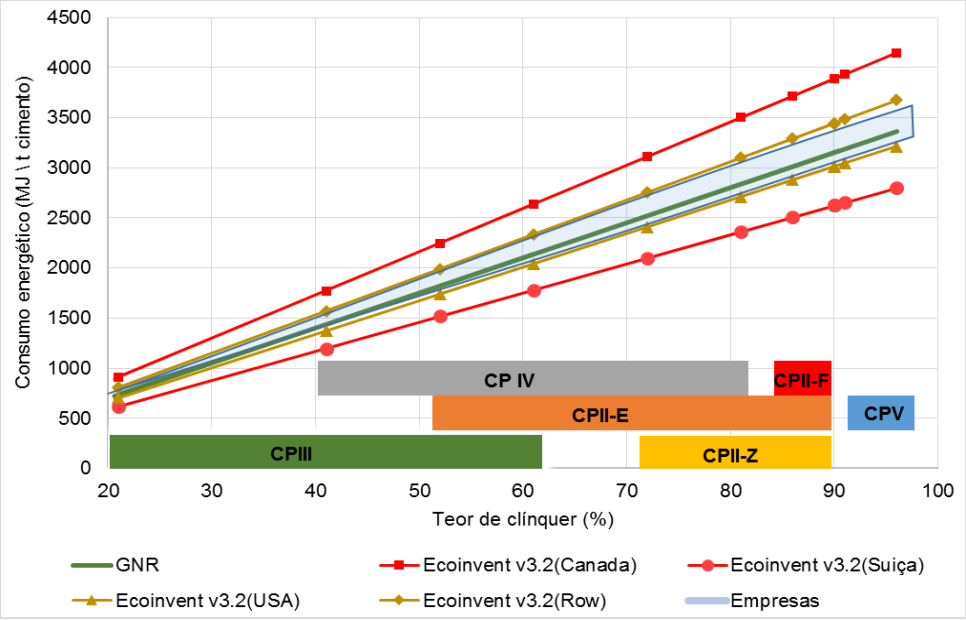
Foi realizada a distinção entre emissões brutas e emissões líquidas. A emissão bruta é a emissão total de CO_2 devido a combustão dos combustíveis fósseis, fósseis alternativos e biomassa. Já a emissão líquida se caracteriza apenas pela emissão referente a combustão dos combustíveis fósseis, visto que os combustíveis fósseis alternativos e biomassa são resíduos de outras indústrias e, portanto, não são contabilizadas neste indicador.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Influência das diferentes fontes de dados no consumo energético térmico

A Figura 1 apresenta a variação do consumo energético térmico na produção dos principais cimentos comercializados no Brasil de acordo com a fonte de dado utilizadas, ou seja, dependendo da literatura consultada, a demanda por energia na produção de cimento pode mudar, isto fica claro na figura baixo.

Figura 1. Variação do consumo energético térmico na produção dos principais tipos de cimento de acordo com a fonte de dados



Observa-se que os dados apresentados pelo GNR e pelos relatórios das empresas estudadas estão dentro de uma mesma área. Segundo o GNR a produção de uma tonelada de cimento CP V

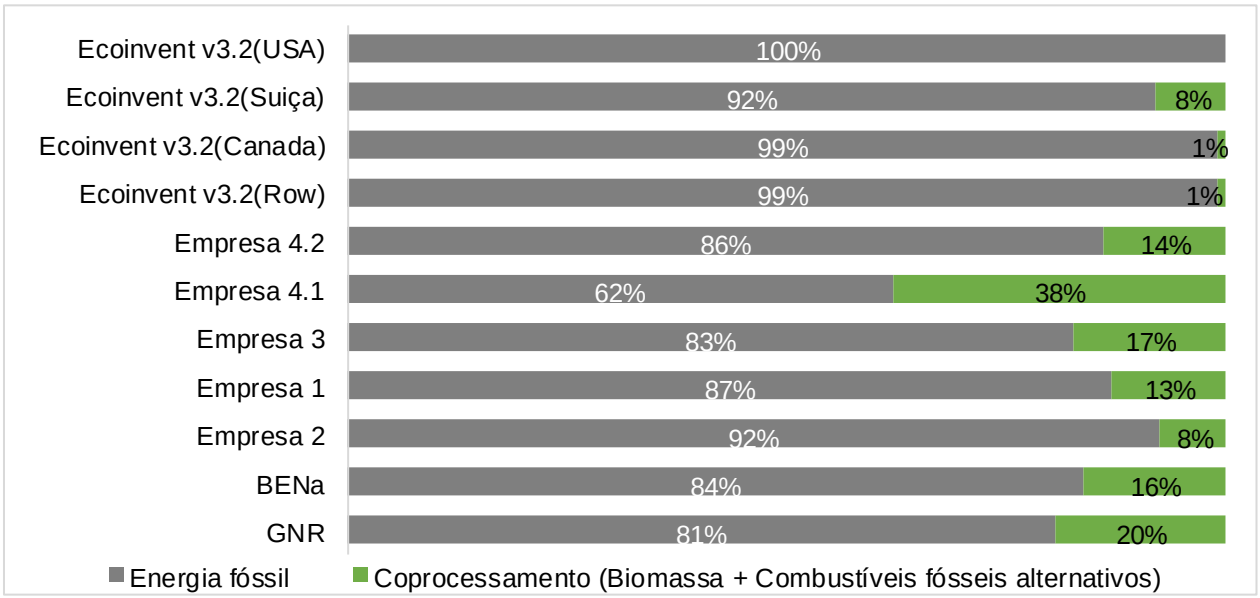
com 95% de clínquer consome cerca de 3400 MJ, já dentre as empresas que atuam no Brasil este valor pode variar entre 3550 e 3400 MJ. Todavia se utilizarmos os valores obtidos da base de dados *Ecoinvent v3.2* este valor pode variar entre 2800 a 4150 MJ por tonelada de cimento, isto significa uma variação de quase 50%.

E esta inconstância de valores aumenta proporcionalmente com o teor de clínquer do cimento estudado. Por exemplo o cimento CP III com 61% de clínquer, pode ter uma variação de consumo energético de 820 MJ por tonelada de cimento dependo da fonte de dados analisada, já para o CPV está variação pode chegar a 1350 MJ (Figura 1). Este resultado demonstra a importância da fonte de dados que está sendo utilizada para o estudo, como observamos a diferença entre elas pode ter até 50% de variabilidade, um número expressivo que pode comprometer qualquer resultado. Por isso a necessidade de se desenvolver uma base de dados nacional. Além disso, um processo de produção sempre tem oscilações quanto ao consumo de energia, portanto o melhor sempre é apresentar os resultados em faixas.

4.2 Influência das fontes de dados na porcentagem de participação do coprocessamento na matriz energética das industrias cimenteiras

As diferentes fontes de dados também apresentarão uma matriz energética distinta, e isso influência diretamente a porcentagem de participação do coprocessamento na geração de energia térmica na indústria cimenteira. A Figura 2 apresenta os resultados.

Figura 2. Porcentagem de coprocessamento na matriz energética da indústria cimenteira de acordo com a fonte de dados



O resultado apresentado pelo GNR e BENa são próximos, a diferença entre os mesmos se dá provavelmente devido a abrangência, que no BENa é de 100% das empresas cimenteira nacionais e no GNR é de 74%. Analisando os dados divulgados pela indústria, as empresas 1 e 4.1 cujos dados são referentes apenas ao Brasil, possuíram uma porcentagem de participação do

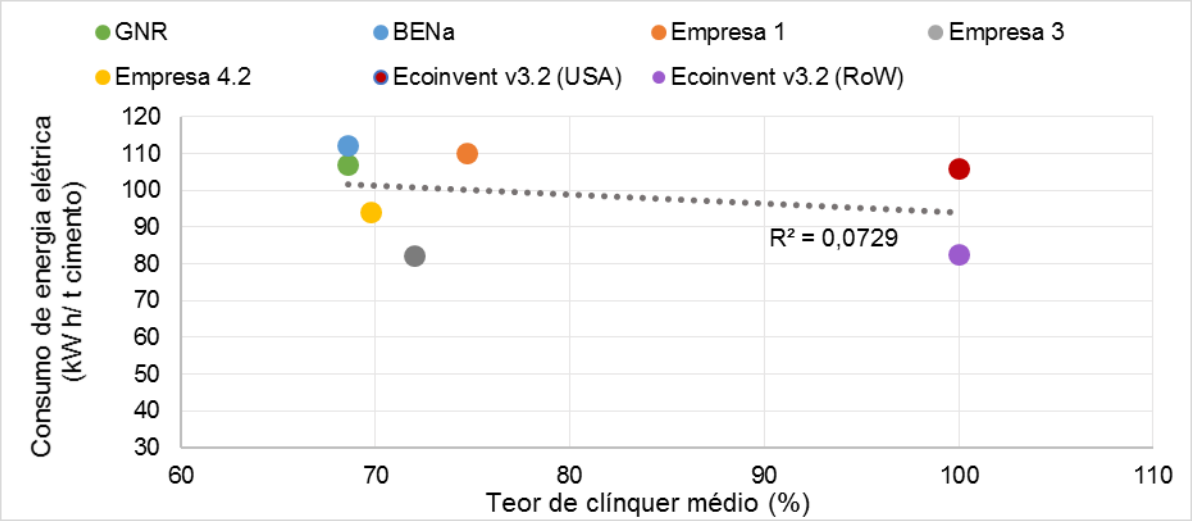
coprocessamento muito diferente, o que demonstra que colocar empresas com compromissos ambientais diferentes em uma média de valores não é correto.

As empresas 2, 3 e 4.2 cujo relatório não envolve apenas o Brasil, mas também outros países onde as mesmas atuam, apresentaram resultados dentro de uma faixa aceitável. Porém quando analisamos os dados apresentados nos processos do *Ecoinvent v3.2* existe uma grande divergência comparada com os outros dados. Esta variabilidade na participação do coprocessamento na matriz energética das industrias cimenteiras influenciará posteriormente no consumo energético do produto final, mas principalmente nas emissões líquidas associadas a este produto, conforme será abordado com mais detalhe no subcapítulo 4.4.

4.3 Influência das diferentes fontes de dados no consumo energético elétrico

O consumo de energia elétrica em uma indústria cimenteira não é tão expressivo quanto o consumo de energia térmica, temos que em média o consumo elétrico é de 0,38 GJ/ t cimento (107 kW h/t cimento), o que equivale entorno de 11% da energia utilizada para produção de um cimento CPV (GARTNER, 2004). Diferente da energia térmica, o consumo de energia elétrica não é proporcional ao teor de clínquer do cimento. A Figura 3 apresenta este resultado.

Figura 3. Variação no consumo energético elétrico na produção de cimento de acordo com a fonte de dados

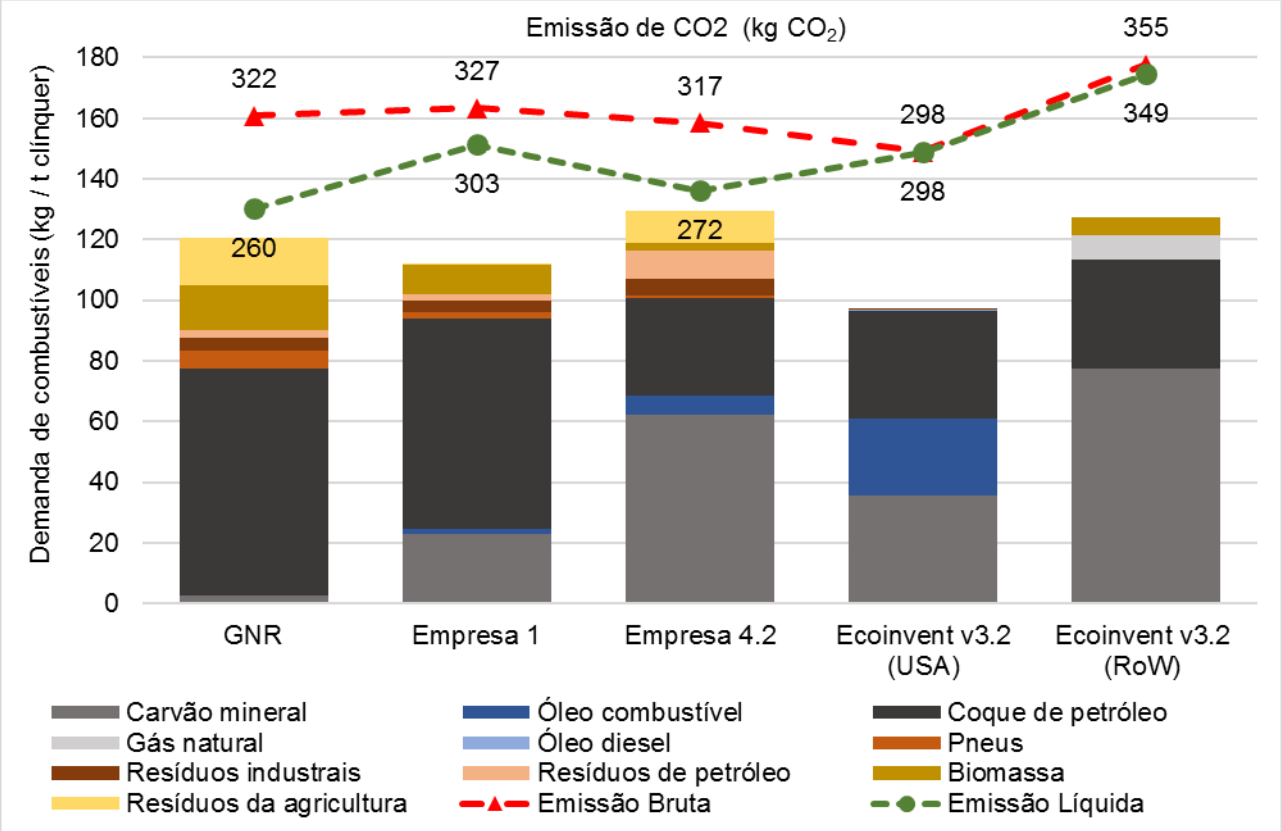


Não existe relação entre teor médio de clínquer e consumo de energia elétrica. Porém existe sim uma diferença entre as fontes de dados. Observa-se que os resultados variaram entre 80 a 110 kW h/ t cimento. Esta variação é ponderada pela eficiência térmica nas seguintes etapas de produção do cimento: tratamento e moagem da matéria prima, moagem do clínquer, ventilação e resfriamento, coletor de poeira, moagem do cimento e transporte por correias (MADLOOL et al., 2011). Além disso a finura do clínquer e dos materiais cimentícios suplementares (MCS), irão influenciar o consumo de energia nas etapas de moagem.

4.4 Influência das diferentes fontes de dados na matriz energética

As diferentes fontes de dados também apresentarão divergência quanto a composição da matriz energética do setor cimenteiro. A Figura 4 apresenta os resultados. Os dados apresentados pelo GNR e pela Empresa 1 refletem a realidade brasileira, com uma maior demanda do uso do coque de petróleo, biomassa, pneus, resíduos industrias e resíduos agrícolas como combustíveis da indústria cimenteira. Porém quando analisamos o relatório de uma empresa brasileira, mas os dados refletem também plantas espalhadas pelo mundo (Empresa 4.2), o resultado é muito diferente, com uma maior participação do carvão mineral, pouca participação da biomassa e pneus.

Figura 4. Influência das fontes de dados na composição da matriz energética da indústria cimenteira e na emissão de CO_2 associada a queima desses combustíveis



Todavia quando investigamos a matriz energética apresentada pelos processos do *Ecoinvent v3.2* a disparidade é ainda maior, novamente com grande consumo de carvão mineral, consumo expressivo de gás natural no caso do processo *Rest Of the World* (RoW) e uma demanda mínima de combustíveis classificados como coprocessamento.

Estes valores claramente influenciam a emissão de CO_2 atribuídas a queima desses combustíveis (Figura 4) e também na quantia de insumo gasto para gerar a energia necessária para a produção de uma tonelada de clínquer. Esta demanda de insumo pode variar de 95 a 125 kg de combustíveis por tonelada de clínquer, se colocarmos isso em uma escala macro, por exemplo a

produção anual brasileira de clínquer, equivalente a 35,8 Mt (WBCSD, 2014a), esta diferença pode significar algo em torno de 1,07 milhões de toneladas de combustível.

A mesma comparação pode ser feita com as emissões de CO_2 atribuída a queima dos combustíveis, dependendo da fonte de dado e, portanto, da matriz energética, a emissão bruta de CO_2 pode variar de 298 a 355 kg CO_2/ t clínquer. Já quando analisamos as emissões líquidas esta diferença é mais expressiva, 260 a 349 kg CO_2/ t clínquer. Isto significa que dependendo da fonte de dados utilizada para desenvolver um estudo de avaliação de ciclo de vida, por exemplo, apenas a emissão de CO_2 referente a queima dos combustíveis para geração de energia pode variar 89 kg CO_2/ t clínquer.

5. CONCLUSÃO

É possível concluir com este estudo que diferentes fontes de dados forneceram informações distintas quanto ao: consumo energético térmico e elétrico na produção de cimento, matriz energética da indústria cimenteira e isso influenciou na emissão de CO_2 atribuída a queima de combustíveis. Observou-se uma variabilidade no consumo energético térmico de até 50 %, dependendo da fonte de dados e do tipo de cimento analisado, isso é influenciado é claro, pela matéria prima utilizada, matriz energética e tipo de cimento produzido.

Constatou-se também que não houve relação entre consumo de energia elétrica e teor de clínquer no cimento, mas os valores apresentados pelas fontes de dados ainda assim foram distintos, fator atribuído a diferença na eficiência energética de vários processos dentro da planta cimenteira e da finura dos materiais utilizados para produzir o cimento.

A diferença entre os dados também influenciou na participação dos combustíveis que compõem a matriz energética da indústria cimenteira. Observou-se que quando a fonte de dados tinha abrangência nacional houve uma predominância do uso do coque de petróleo, biomassa, pneus e resíduos agrícolas como principais combustíveis. Já quando se analisou as fontes de dados que englobavam dados nacionais e estrangeiros houve uma predominância do carvão mineral e coque de petróleo como combustíveis principais. Fato que ocorreu também para os processos da base de dados *Ecoinvent v3.2*, com a diferença que para esses processos a participação de combustíveis de coprocessamento era quase nula.

Esta discrepância nos dados quanto a matriz energética influenciou diretamente as emissões de CO_2 relacionadas com a combustão dos combustíveis. Onde tivemos uma variabilidade de emissão líquida de 260 a 349 kg CO_2/ t clínquer entre as fontes de dados analisadas. Estes resultados demonstram a importância de não generalizar resultados de ACV para descrever rotas tecnológicas.

Além disso a utilização de base de dados estrangeiros além de igualar diversas empresas com compromissos ambientais diferentes, não é eficaz em alertar o consumidor quanto ao potencial de redução de impactos ambientais pela simples seleção de fornecedores. Portanto o uso de dados inventariados diretamente na indústria (primários) de forma individual e simplificada é a maneira mais eficaz para gerar indicadores que permitem promover a mitigação de impactos ambientais e, desta forma, aumentar a sustentabilidade na indústria cimenteira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, P.; REIS, D.; JOHN, V. Influência das fontes de dados nas emissões de CO2 e no indicador de mudanças climáticas da indústria cimenteira brasileira – SB16-APP.p. 877–886, 2016.

AFKHAMI, B. et al. Energy consumption assessment in a cement production plant. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 10, p. 84–89, jun. 2015.

Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço energético nacional 2015: ano 2014. Brasília, 2014. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads>. Acesso: 11 abr. 2016.

GARTNER, E. Industrially interesting approaches to “low-CO2” cements. **Cement and Concrete Research**, v. 34, n. 9, p. 1489–1498, set. 2004.

HOLCIM. **Relatório de sustentabilidade 2012/2013.** São Paulo. Disponível em: < http://www.holcim.com.br/publicacoes/relatorios-holcim-brasil.html>. Acesso em: 15 mai. 2016.

HOLCIM. **Corporate Sustainable Development Report 2014**. São Paulo. Disponível em: < http://www.holcim.com/sustainable.html>. Acesso em: 15 mai. 2016

INTERCEMENT. **Relatório Anual 2014**. São Paulo. Disponível em: <http://www.intercement.com/sites/ra2014/inovacao-e-sustentabilidade.php>. Acesso em: 30 mai. 2016.

KÄÄNTEE, U. et al. Cement manufacturing using alternative fuels and the advantages of process modelling. **Fuel Processing Technology**, v. 85, n. 4, p. 293–301, 15 mar. 2004.

LAFARGE. **Sustainability report 2014**. São Paulo. Disponível em: < http://www.lafarge.com/en/sustainability-report>. Acesso em: 15 mai. 2016.

LAMAS, W. DE Q.; PALAU, J. C. F.; CAMARGO, J. R. DE. Waste materials co-processing in cement industry: Ecological efficiency of waste reuse. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 19, p. 200–207, mar. 2013.

MADLOOL, N. A. et al. A critical review on energy use and savings in the cement industries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 4, p. 2042–2060, Maio 2011.

MAIA DE SOUZA, D. et al. Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 70–82, nov. 2016.

OLIVEIRA, L. S.; PACCA, S. A.; JOHN, V. M. Variability in the life cycle of concrete block CO2 emissions and cumulative energy demand in the Brazilian Market. **Construction and Building Materials**, v. 114, p. 588–594, jul. 2016.

SOUZA, D. M. et al. Comparative Life Cycle Assessment of ceramic versus concrete roof tiles in the Brazilian context. **Journal of Cleaner Production**, v. 89, p. 165–173, fev. 2015.

VOTORANTIM. **Relatório de sustentabilidade 2014**. São Paulo. Disponível em: < http://www.votorantim.com.br/ptbr/responsabilidadeSocialCorporativa/Paginas/relatorios.as>. Acesso em: 20 mai. 2016

WERNET, G., BAUER, C., STEUBING, B., REINHARD, J., MORENO-RUIZ, E., AND WEIDEMA, B., 2016. **The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology.** The International Journal of Life Cycle Assessment, [online] 21(9), pp.1218–1230. Disponível em:: <http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8> Acesso em: 05 jul. 2016.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Getting the numbers right project.** 2014a. Geneva. Disponível em: <http://www.wbcsdcement.org/GNR-2013/index.html>. Acesso em: 15 mai. 2016.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Guidelines for Co-Processing Fuels and Raw Materials in Cement Manufacturing** 2014b. Geneva.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **CO2 and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry.** 2011. Geneva. Disponível em: < http://www.cement-co2-protocol.org>. Acesso em: 15 out. 2016

88. METABOLISMO URBANO E FLUXOS DE RESÍDUOS EM PEQUENOS MUNICÍPIOS: AVANÇOS METODOLÓGICOS NA ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS

KUHN, Eugenia Aumond[1](eugeniaakuhn@gmail.com); SATTLER, Miguel Aloysio[2] (masattler@gmail.com); MAGNUS, Lucas Dorneles[2](ldm.oasis@ymail.com)
[1]Centro Universitário Ritter dos Reis – UniRitter (UNIRITTER), Brasil
[2]Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

RESUMO
A gestão de resíduos sólidos e seus consequentes impactos ambientais são desafios para as autoridades municipais nos países em desenvolvimento. Uma análise da literatura quanto à gestão de resíduos no Brasil, demonstrou haver carência de informações quantitativas e de compreensão sobre as relações entre o conjunto de fluxos de resíduos. Os pequenos municípios são os mais afetados pelos desafios colocados acima, devido às carências técnicas e orçamentárias. Assim, o objetivo do presente artigo é **explorar o conceito de metabolismo urbano (MU) e a abordagem de Análise de Fluxos de Materiais (AFM) para a caracterização dos fluxos de resíduos em pequenos municípios, no contexto brasileiro.** Para tanto, adotou-se como estudo de caso o município de Feliz, RS. Foram objetivos intermediários: a identificação das fontes de dados disponíveis na escala local e o desenvolvimento de um método, baseado no conceito de MU e na abordagem de AFM para caracterização dos fluxos de resíduos. O método de pesquisa incluiu, inicialmente, uma revisão bibliográfica acerca das bases teóricas e dos procedimentos da AFM. A seguir, realizaram-se ciclos de crescente refinamento, que envolveram levantamento de dados, desenvolvimento e avaliação de método para caracterização dos fluxos de resíduos. Por fim, realizou-se a análise global dos resultados e uma crítica ao método proposto. Concluiu-se que: a) há disponibilidade de dados quantitativos, embora estejam dispersos, heterogeneamente registrados e demandem padronização; b) o método desenvolvido permite a compreensão global dos fluxos de resíduos do município e a sua caraterização, no que se refere à magnitude, origens e destinos; c) as abordagens de MU e de AFM podem contribuir com a gestão ambiental de resíduos, por meio de modelos e de métodos que oferecem uma perspectiva integrada aos demais fluxos de materiais ocorrentes no município.
Palavras-chave: Metabolismo urbano; Análise de fluxos de materiais; Resíduos.

URBAN METABOLISM AND WASTE FLOWS IN SMALL MUNICIPALITIES: METHODOLOGICAL ADVANCES IN MATERIAL FLOW ACCOUNTING

ABSTRACT
Solid waste management and its consequent environment impacts are challenges for municipal authorities in developing countries, such as Brazil. A literature review in reported works on waste management in the country showed a lack of quantitative information and of understanding on relationships between waste flows. Small municipalities are the most affected by these challenges, due to technical and economic shortcomings. The aim of the present article is to explore the concept **of urban metabolism and the material flow accounting – MFA for waste flows characterization in small municipalities in the Brazilian context.** The municipality of Feliz, RS, was adopted as a case study. The intermediary objectives were an identification of available data sources, at local scale, and the development of a method, based on the urban metabolism concept and MFA, for waste flows characterization. This method included, initially, a bibliographic review on

MFA theoretical bases and proceedings. In the next step, cycles of crescent refinement were conducted, involving data collection, development and evaluation of a method for waste characterization. Finally, a global analysis of the results and a critical analysis about the developed method were undertaken. It was concluded that: a) quantitative data are available, although they are dispersed, heterogeneously recorded and require standardization; b) the developed method allows a global comprehension of the municipal waste flows and their characterization with respect to their magnitude, origin and destinations; c) studies on urban metabolism and MFA can contribute with wastes environmental management with the use of models and methods that offer an integrated perspective of all material flows occurring in one municipality.
Keywords: Urban metabolism; Material Flow Analysis; Wastes.

1. INTRODUÇÃO

Discussões acerca da gestão de resíduos na escala municipal têm recebido destaque no debate internacional relacionados a desenvolvimento sustentável. A mais recente evidência dessa afirmação pode ser extraída do relatório resultante da conferência Habitat III, que reforça seu apoio à criação de mecanismos de tomada de decisões descentralizadas, que promovam o acesso universal a sistemas sustentáveis de gestão de resíduos (UNITED NATIONS, 2016). Segundo Deus, Battistelle e Silva (2015) esta posição de centralidade é também evidenciada por regulamentações recentes, como a implantação da diretiva europeia 2008/98/EC e, no Brasil, pela criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, por meio da Lei n. 12.305, de 2010.

Segundo a PNRS, o gerenciamento de resíduos sólidos é atividade de responsabilidade compartilhada entre União, Estados e municípios, cabendo aos últimos o estabelecimento e aplicação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS (BRASIL, 2010), que são condição para os municípios terem acesso a recursos da União.

A gestão de resíduos sólidos, entretanto, é um desafio para as autoridades das cidades nos países em desenvolvimento, principalmente devido: a) aos altos custos associados à sua gestão, b) à falta de entendimento sobre uma diversidade de fatores que afetam os diferentes estágios de gerenciamento de resíduos e; c) às conexões necessárias para permitir que todo o sistema se mantenha em funcionamento (GUERRERO; MAAS; HOGLAND, 2013). No Brasil, soma-se a esses desafios a lacuna de informações acerca dos resíduos no país, sobretudo em relação à inconsistência quantitativa. Os próprios relatórios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, apresentariam possíveis falhas de dupla contagem e de avaliação da composição gravimétrica dos resíduos (BRASIL, 2012).

Dentro deste contexto, as próprias realidades dos grandes e dos pequenos municípios são bastante distintas, sendo os segundos os mais afetados pelos desafios colocados acima, devido às carências técnicas e orçamentárias (BRASIL, 2012). A origem e composição dos resíduos também são distintas, dependendo da escala dos municípios e dos setores produtivos presentes. As atividades do setor primário, por exemplo, são tipicamente ocorrentes em municípios menores e implicam em grandes quantidades de resíduos dissipativos, tais como fertilizantes e agrotóxicos.

Os desafios citados por Brasil (2012) parecem ser comuns a diversos países em desenvolvimento, os quais, segundo Marshall e Farahbakhsh (2013 apud DEUS; BATTISTELLE; SILVA, 2015), precisam investir no crescimento científico para a gestão dos resíduos sólidos, permitindo a criação de estratégias participativas, contextualizadas e adaptativas, para cada perfil de município e região. Entretanto, uma análise, realizada por Guerrero, Maas e Hogland (2013), da literatura sobre a pesquisa desenvolvida e relatada em publicações de 2005 a 2011, relacionadas com a gestão de resíduos em países em desenvolvimento, mostrou que poucos artigos fornecem informações quantitativas, reforçando as dificuldades já apontadas por Brasil (2012). A análise

referida foi realizada em duas das principais revistas científicas, *Waste Management Journal* e *Waste Management and Research*.

No que se refere às pesquisas brasileiras, Deus, Battistelle e Silva (2015), a partir de uma revisão bibliográfica das publicações nacionais, constatam que, embora o volume de artigos publicados anualmente tenha crescido muito, persistem lacunas científicas. Pode-se dizer que, as carências quantitativas estão associadas à outra lacuna, que é falta de métodos e ferramentas que permitam estimar e mapear as relações entre o conjunto de fluxos de resíduos, suas origens e destinos.

No que se refere a métodos e ferramentas, Moriguchi e Hashimoto (2012) afirmam que, no contexto internacional, a Análise de Fluxos de Materiais (AFM) tornou-se uma das abordagens básicas para a investigação de fluxos de resíduos e tem origem nas pesquisas relacionadas ao conceito de Metabolismo Urbano (MU). Análises de Fluxos de Materiais objetivam prover informações sobre fluxos de materiais e de energia, usualmente em unidades de massa, entrando e deixando uma sociedade ou economia (EUROSTAT, 2001). É considerada uma abordagem, pois abrange um conjunto de métodos flexíveis, adaptados ao contexto do objeto de investigação.

Embora a AFM tenha se estabelecido como a abordagem internacionalmente aceita para o estudo de fluxos de materiais e de resíduos em sistemas humanos, no Brasil ela ainda é pouco explorada para investigações na escala municipal ou urbana. Apenas os estudos de Kuhn (2014) e Conke e Ferreira (2015) foram identificados, sendo que nenhuma dessas pesquisas focou-se exclusivamente nos fluxos de resíduos. Assim, observa-se que há oportunidades não exploradas de utilização da AFM para se superar as lacunas de conhecimento acerca dos fluxos de resíduos no contexto dos municípios brasileiros.

2. OBJETIVO

Frente ao contexto e ao problema de pesquisa expostos acima, este artigo tem como objetivo **explorar o conceito de metabolismo urbano e a abordagem de Análise de Fluxos de Materiais (AFM) para a caracterização dos fluxos de resíduos em municípios brasileiros de pequeno porte (MBPP)**. Como objetivos intermediários, foram buscados: (a) a identificação das fontes de dados disponíveis na escala local, (b) o desenvolvimento de um método, baseado na abordagem de AFM, para quantificação e apresentação dos fluxos de resíduos, (c) a caracterização dos fluxos de resíduos de um município brasileiro de pequeno porte. Como estudo de caso, adotou-se o município de Feliz, RS.

3. ESTUDO DE CASO: O MUNICÍPIO DE FELIZ, RS

Feliz está localizado no Estado do Rio Grande do Sul e apresenta área de 95.372 Km². Em 2011, ano de referência para o presente estudo, Feliz possuía uma população de 12.421 habitantes e sua economia estava equitativamente distribuída entre os setores primário, secundário e terciário (Prefeitura Municipal de Feliz - PMF, 2013). A presença quase que equitativa dos três setores na economia do município foi um dos fatores para a sua seleção como estudo de caso. Primeiro, por essa ser uma característica típica dos MBPP. Segundo, por garantir que a maioria das grandes classes de resíduos sólidos estabelecidas pela PNRS estaria presente no estudo.

Outro fator determinante da seleção do estudo de caso é o fato de ter sido também objeto empírico de uma das duas pesquisas (KUHN, 2014) mencionadas na seção 1, que aplicaram a AFM à escala municipal no contexto brasileiro. Esta investigação foi desenvolvida pela primeira autora do presente trabalho e se propôs a uma análise global dos fluxos do município. No presente artigo pretendeu-se dar continuidade e aprofundamento à pesquisa, com foco nos fluxos de resíduos. A vantagem dessa continuidade é possibilitar (a) compreender a representatividade e

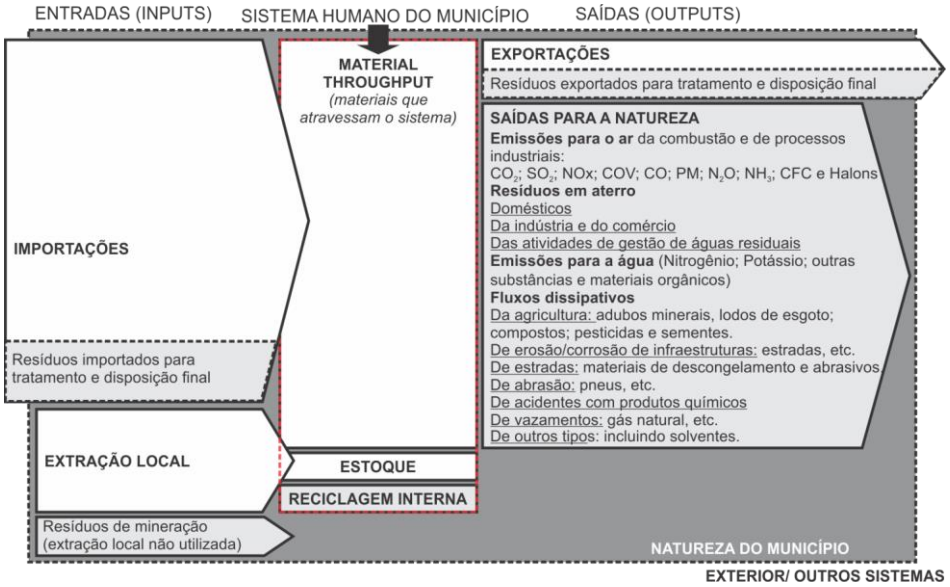
as relações entre os fluxos de resíduos e os fluxos de materiais totais e (b) identificar oportunidades para fechamentos dos ciclos dentro do município.

4. MÉTODO PARA A ANÁLISE DE FLUXOS DE RESÍDUOS DE MBPP

Os procedimentos desenvolvidos são baseados, conceitualmente, em um modelo que assume que as atividades humanas ocorrentes no município em análise estão embutidas dentro do sistema planetário, conectando-se a ele via fluxos de materiais e energia (EUROSTAT, 2001). Assim, os fluxos de materiais e resíduos ingressantes ou expelidos estariam conectados ao ambiente natural do município e a sistemas externos (Figura 1). Analisados sob a ótica do modelo proposto, os municípios e seus subsistemas são sistemas abertos, dependentes do ambiente exterior para que parte de suas funções sejam supridas. Todos os recursos demandados pelo sistema são chamados entradas (demonstradas nas setas à esquerda da Figura 1), as quais são derivadas, originalmente, ou do ambiente do município (categoria extração), ou podem ingressar no sistema tendo como origem outros sistemas (categoria importação). Todos os materiais que saem do sistema são denominados saídas (identificados nas setas, à direita da Figura 1), os quais podem ser: materiais extraídos ou processados localmente e depois exportados (categoria exportação); assim como os materiais expelidos depois de serem "metabolizados" (categoria emissões para a natureza / resíduos). Para ilustrar esse conjunto de fluxos, o termo "metabolismo urbano" tem sido sugerido e diversas pesquisas no contexto internacional têm desenvolvido propostas para operacionalizar as estimativas e análises.

A maior parte dos estudos recentes adota como referência, no que se refere aos procedimentos gerais e à categorização de fluxos, um guia metodológico proposto pela Agência de Estatística da União Europeia, para a AFM na escala dos países (EUROSTAT, 2001). Assim, ao se pretender utilizá-lo em outros contextos, são necessárias adaptações regionais e de escala.

Figura 1. Categorias de fluxos de materiais propostas por EUROSTAT (2001) para a AFM de países da União Europeia (fonte: a ilustração, com destaque aos resíduos, foi elaborada pelos autores).



A figura 1 apresenta a totalidade das categorias de fluxos propostas por EUROSTAT (2001). Os procedimentos de quantificação visam estabelecer uma relação, em massa (toneladas), entre entradas e saídas, de modo que se possa averiguar a consistência das estimativas. Assim, a seguinte expressão deve ser atendida: IMP + EXT = EXP + SN + EST + RI

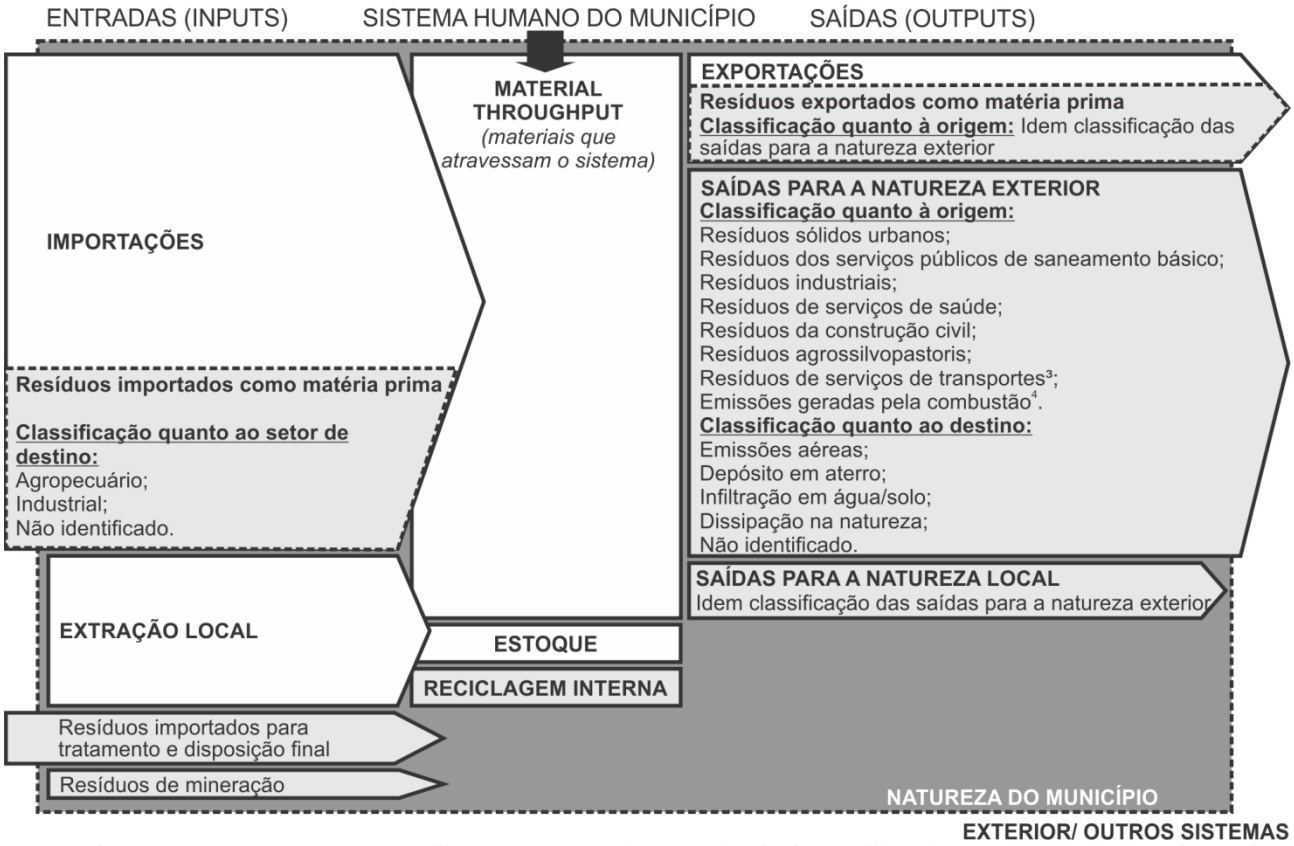
Estão destacados, em cinza claro, os fluxos correspondentes a resíduos. Percebe-se que são incluídos na análise, tanto os resíduos que ingressam no município, via importação ou extração, quanto os que saem do município, como exportação ou como resíduos para a natureza. O guia Eurostat e esta abordagem são incorporados no presente trabalho, com propostas de adaptações ao contexto dos MBPP e às exigências dos PMGIRS (figura 2). No lado das entradas, propõem-se duas alterações. A primeira, de caráter conceitual, é o deslocamento da subcategoria Resíduos Importados para Tratamento e Disposição Final (RITDF), que, pela Eurostat, é considerada uma subcategoria das importações. No presente trabalho, entende-se que essa seria uma categoria a parte das Importações ingressantes no sistema humano, visto que o destino final é a natureza. A segunda adaptação é a proposta de uma nova subcategoria nas importações, Resíduos Importados como Matéria-prima (RIM), que identifica os fluxos tipicamente ocorrentes em municípios com atividades produtivas do setor secundário da economia.

No lado das saídas, são propostas cinco adaptações. As duas primeiras, na categoria Exportações, são equivalentes àquelas propostas para a categoria Importações. A terceira, originalmente proposta por Barles (2009), na AFM de Paris, sugere a divisão da categoria Saídas para a Natureza em duas: Saídas para a Natureza Local (SNL) e Saídas para a Natureza Exterior (SNE). Esta divisão é considerada adequada pelo presente estudo, visto que uma das exigências dos PMGIRS é a identificação do destino dos resíduos. Com essa mesma intenção, a quarta adaptação proposta incluiu a modificação das subcategorias e dos tipos de resíduos estimados nas Saídas para a Natureza. Em Eurostat (2001), as subcategorias correspondem aos meios, na natureza, receptores dos resíduos: Emissões para o ar; Depósito em aterro; Infiltração em água/solo; Dissipação na natureza. Estas subcategorias são mantidas no presente trabalho, mas propõem-se também a utilização de novas, que identifiquem a origem dos resíduos, seguindo o padrão de classificação estipulado pela PNRS (BRASIL, 2010). A única classe de resíduo estabelecida pela PNRS, não incluída nas categorias SNE e SNL, é a de Resíduos de Mineração. Entende-se que estes resíduos não ingressam no sistema humano dos municípios e, consequentemente, também não saem. Assim, manteve-se esta classe como uma entrada diretamente na natureza, conforme proposto originalmente por Eurostat (2001). Além disso, inclui-se a subcategoria adicional Emissões geradas pela combustão, visto que motores, principalmente de veículos, são importantes fontes de resíduos na escala urbana. Propõem-se a estimativa de, no mínimo, emissões de CO_2. Caso não estimadas, não será possível estabelecer correspondência quantitativa entre entradas e saídas e testar a consistência das estimativas.

Quanto aos tipos de resíduos, a Eurostat (2001) estabelece que sejam estimados diretamente, apenas, os resíduos destinados a aterros. Fluxos destinados ao ar, água ou dissipados, devem ser decompostos em elementos ou compostos químicos, conforme figura 1. Essa decomposição é favorável para estudos especializados, como a estimativa de gases de efeito estufa, desenvolvidos na escala de países, mas não é muito útil como suporte às atividades de gestão e planejamento desenvolvidas na escala municipal.

Por fim, estabeleceram-se, como os limites geográficos e temporais do estudo, os limites administrativos de Feliz, no ano de 2011. A circulação dentro do sistema não é investigada. Quanto às unidades, as diretrizes para elaboração de PMGIRS Simplificados solicitam que os resíduos sejam computados em volume e massa. Propõe-se, neste trabalho, o uso de unidades de massa (toneladas), para que os fluxos de resíduos possam ser analisados em conjunto com os fluxos de materiais globais do sistema, conforme propõem a AFM.

Figura 2. Proposta de recategorização dos fluxos de resíduos para a AFM de municípios brasileiros (fonte: elaborada pelos autores).



O quadro 1 apresenta os procedimentos e as fontes de dados utilizados para as estimativas dos fluxos de resíduos.

Quadro 1. Procedimentos e fontes de dados utilizados para as estimativas dos fluxos de resíduos.

Resíduos importados/exportados como matéria-prima – RIM/REM: Os dados brutos foram obtidos a partir de registros das Notas fiscais eletrônicas (NF-e) fornecidas pela Secretaria da Fazenda do Rio Grande do Sul (SEFAZ) e incluíam todos os produtos comercializados entre os estabelecimentos de Feliz e de outros municípios brasileiros. Cada produto individual foi registrado de forma descritiva e também segundo o seu respectivo código NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul). A identificação dos produtos correspondentes a RIM, em relação aos fluxos totais, foi realizada filtrando-se os códigos NCM com essa descrição. Esse código também foi utilizado para o agrupamento das diferentes classes de resíduos. Fluxos, originalmente, não registrados em unidades de massa, foram convertidos usando uma massa média relacionada a cada código MCM, seguindo os procedimentos desenvolvidos por Kuhn (2014). A identificação do destino e da origem dos resíduos foi realizada com base no Código Fiscal de Operações e Prestações (CFOP), contidos em cada NF-e. Quando o CFOP não permitia esta identificação, ela foi feita com base na análise do tipo de resíduo e a relação de empresas registradas em Feliz.
Resíduos Importados para Tratamento e Disposição Final (RITDF): Não foram identificados como ingressantes, no estudo de caso de Feliz.
Resíduos de mineração: Não foram estimados no presente trabalho, mas os dados podem ser obtidos por meio dos Relatórios Anuais de Lavras (RAL) armazenados em formato eletrônico pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM.
Resíduos sólidos urbanos – RSU: Dados fornecidos pela empresa terceirizada que faz o recolhimento dos RSU do município. A empresa também é proprietária de um centro de triagem implantada no município vizinho, para o qual é encaminhado e triado todo o RSU de Feliz. Foram fornecidas também as massas individuais dos diferentes tipos de resíduos encaminhados para reciclagem.
Resíduos industriais – RI: Dados obtidos por meio da Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM), para as atividades industriais de médio e grande porte, e por meio do Departamento de Meio Ambiente– DEMA da Prefeitura Municipal de Feliz, para as atividades de impacto local. Os resíduos não registrados em unidade de massa foram convertidos usando uma massa média relacionada a cada código de resíduo (códigos segundo a FEPAM). As médias para conversão foram obtidas por meio de revisão bibliográfica e de contato com empresas de gestão de resíduos sólidos.
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico – RSPSB: Inclui a parte sólida dos efluentes domésticos, conforme Eurostat (2001). A estimativa é realizada com base na contribuição de esgotos (g/per capita.dia), identificado por Ercole (2003). Adotou-se o valor intermediário (195 g/per capita.dia). Para a estimativa anual, e multiplicou-se por 365 dias e pela população do município no ano considerado.
Resíduos de serviços de saúde – RSS: Dados fornecidos pela empresa terceirizada que faz o recolhimento dos RSS do município. Os registros incluíam as quantidades totais, em volume, discriminadas por classes padronizadas segundo a Resolução n° 5 do CONAMA. A conversão para unidades de massa foi realizada com base na densidade aparente dos resíduos, considerada equivalente a 150 kg/m3, conforme estimado por Silva e Hoppe (2005).
Resíduos da construção civil – RCC: As quantidades foram estimadas a partir de Gehrke (2012) e a composição, de acordo com Lovato (2007).
Resíduos agrossilvopastoris – RA: Resíduos da pecuária: Produção individual diária, por espécie animal, foi estimada, em base seca, de acordo com Hahn (2004) e outras pesquisas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. O resultado foi multiplicado pelo número de animais registrados nos rebanhos locais, tendo em conta o tempo que cada animal permanece, em média, em Feliz, considerando o padrão do ciclo produtivo. Resíduos da agricultura: Incluem os resíduos dissipados decorrente do uso de fertilizantes, pesticidas, herbicidas, fungicidas e sementes. Os resíduos foram considerados equivalentes às entradas desses produtos em Feliz no mesmo ano, segundo estimativa de Kuhn (2014).
Emissões aéreas decorrentes da combustão (CO_2): Estimadas a partir do consumo de combustível, fornecido pela Agência Nacional do Petróleo – ANP, e de cálculos estequiométricos.

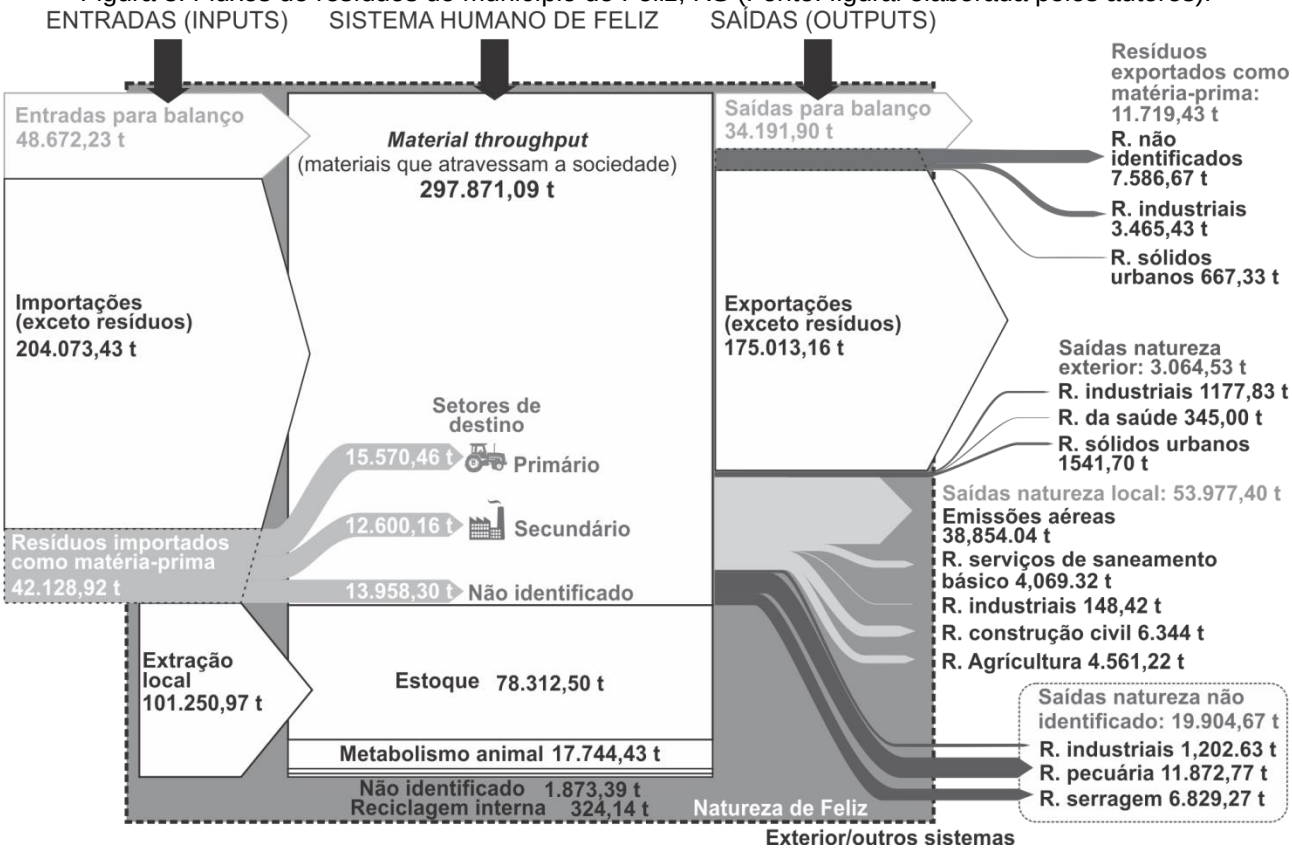
(Quadro elaborado pelos autores).

5. RESULTADOS: FLUXOS GLOBAIS DE RESÍDUOS DE FELIZ

A Figura 3 apresenta, em setas cinza, os fluxos de resíduos de Feliz, em 2011. Também são demonstrados, em setas brancas, os demais fluxos de materiais previamente estimados por Kuhn (2014). A intenção da demonstração conjunta foi de expressar a representatividade dos fluxos de resíduos em relação ao sistema, como um todo. Devido às restrições de espaço no presente artigo, apresenta-se, nesta seção, somente o gráfico de fluxos globais, mas as informações obtidas com o método proposto permite que todas as categorias e subcategorias de resíduos sejam desmembradas em gráficos parciais, caracterizando cada classe individual de resíduo.

No lado das entradas, os resíduos importados como matéria-prima (RIM) correspondem a 42.128,92 t – 17,1% das importações e 12,1% das entradas totais (importações + extração= 347.453,32 t). As parcelas cujos setores importadores foi possível identificar destinam-se aos setores agrosilvopastoril ou industrial. A totalidade dos RIM importados pelo setor agrosilvopastoril são, especificamente, destinadas à cadeia produtiva da pecuária de ciclo integrado e correspondem a insumos para produção de preparações utilizadas na alimentação de animais. Aqueles importados pela indústria correspondem a resíduos de plástico (8.962,57 t) e a desperdícios e resíduos de ferro fundido, ferro ou aço (3.637,59 t). Entre as empresas cadastradas na Secretaria Municipal da Fazenda de Feliz, no ano de 2011, há registro de uma recicladora plástico e de metalúrgicas, as quais, provavelmente, seriam as destinatárias dessas duas classes de resíduos importados.

Figura 3. Fluxos de resíduos do município de Feliz, RS (Fonte: figurai elaborada pelos autores).



Ao lado das saídas, resíduos exportados como matéria-prima (REM) representam 11.719,43 t ou 6,27% das exportações. A origem da maior parte dos REM não pode comprovada (7.586,67 t), mas verificou-se que o tipo de resíduo mais expressivo dentro desta subcategoria corresponde a desperdícios e resíduos de ferro fundido, ferro ou aço, com massa equivalente a 4.610,77 t. Especula-se que esses resíduos sejam oriundos da indústria, pois outras 1.546,32 t do mesmo tipo de resíduo apresentam registros de origem no setor industrial. Assim os resíduos industriais são aqueles com maior participação nas exportações (3.465,43 t), mesmo ao se desconsiderar a parcela de resíduos de ferro sem comprovação. Quanto à periculosidade dos resíduos exportados para reciclagem, entre os resíduos industriais, 307,78 toneladas é classe I (perigosos). Nesse grupo sobressaem os óleos e os solventes encaminhados para recuperação.

A outra subcategoria de REM cuja origem foi comprovada é a de RSU, encaminhados para a reciclagem (667,33 t). Comparando-se esse valor com a massa de RSU destinado à natureza exterior (1.541,7 t), verifica-se a parcela reciclada corresponde a 30,2% do total gerado no município em 2011. São reciclados plásticos, papéis, cartões, vidros e metais.

Os fluxos inferiores, à direita da figura 3, correspondem a resíduos cujo destino é a natureza. Totalizam 76.946,6 t, as quais representam 29,18% das saídas de materiais. Saídas para a Natureza Local (SNL) são a maior parte (53.977, t), cuja subcategoria mais expressiva corresponde a emissões aéreas de CO_2. Destas 33.439,54 t são resultantes da combustão de derivados de petróleo e 5.414,50 t da combustão de biomassa. Resíduos da construção civil são a segunda maior parcela de SNL (6.344,40 t), cujo destino é a disposição em um terreno, no município, sem licença ambiental para esses fins. Não foi possível realizar uma discriminação dos RCC por classe. A terceira maior parcela de SNL corresponde a resíduos da agricultura (4.561,22 t), entre os quais predominam fertilizantes e corretivos do solo dissipados na natureza (3.872,24 t), seguidos de sementes (442,34 t) e herbicidas, fungicidas, etc (246,47 t). Por fim, resíduos de serviços de saneamento básico correspondem a 4.069,32 t, mas é preciso fazer uma observação: apenas 885,42 t correspondem a sólidos. Outras 3.183,90 t correspondem à eliminação de bebidas consumidas pelos habitantes de Feliz. Esse cômputo é necessário para fins de fechamento do balanço entre entradas e saídas. A água utilizada como veículo para os resíduos não foi estimada. Resíduos industriais correspondem a menor parcela de SNL, 148,42 t.

O destino de 19,904.67 t de resíduos não pode ser identificado, mas correspondem, em sua maior parte, aos resíduos da pecuária (11.872,77 t): resíduos de cama de aviário (7,840.65 t) e dejetos animais (4.032,12 t). A parte restante corresponde aos resíduos de serragem (6.829,27 t) e resíduos industriais (1.202,63 t).

Dos resíduos para a natureza exterior, predominam os RSU (1.541,7 t), encaminhados a um aterro sanitário, no Município de Minas do Leão. Resíduos industriais são a segunda maior parcela (1.177,83 t), dos quais, segundo os relatórios armazenados pela FEPAM e pelo DEMA, 1.023,58 t são encaminhados para aterro sanitário e 154,25 t, encaminhados para queima. Resíduos de serviços de saúde constituem a menor parcela (345,00 t), destinados à incineração.

Quanto ao destino dos resíduos exportados, verificou-se que foram direcionados a 33 municípios diferentes. Entre os receptores de maiores massas estão os municípios de Minas do Leão e de Caxias do Sul, ambos no estado do Rio Grande do Sul. O aterro sanitário recebeu, no ano de 2011, 1.782,14 toneladas de RSU oriundos de Feliz. Já, o município de Caxias do Sul recebeu resíduos industriais de ferro e aço, que foram destinados para a reciclagem. Apenas uma parcela pequena dos resíduos (212,84 t) foi exportada para outras Unidades da Federação.

6. CONCLUSÃO

No que se refere ao primeiro objetivo intermediário deste trabalho, concluiu-se, por meio do estudo de caso desenvolvido, que há dados quantitativos para a caracterização de fluxos de resíduos de um município brasileiro de pequeno porte. Entretanto, os dados foram obtidos de fontes dispersas, nas quais as unidades não se apresentavam registradas de forma padronizada, demandando conversão para unidades passíveis de contabilização. O acesso a dados para aplicação do método a outros municípios do Rio Grande do Sul ou do Brasil requereria novas diligências de coleta.

Quanto aos demais objetivos intermediários, considera-se que o método desenvolvido permitiu a compreensão global do fluxo de resíduos no município adotado como estudo de caso, permitindo a sua caraterização, no que se refere à magnitude, origem e destino dos fluxos. Não foi objetivo do presente artigo a investigação das potenciais aplicações do método proposto em atividades de gestão e de planejamento municipais. Entretanto, pelo nível de detalhamento das informações, verifica-se que ele possibilitaria diagnósticos mais informativos do que o mínimo solicitado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, nos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. A PNRS exige, apenas, o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, enquanto o método desenvolvido permite, inclusive, a caracterização dos resíduos importados. Verifica-se também que ele traz contribuições e inovações em relação às experiências anteriores de aplicações da AFM no contexto brasileiro, contribuindo com proposições metodológicas específicas para análise de fluxos de resíduos. Por fim, observando-se os resultados do estudo de caso, avalia-se que o conceito de MU e a abordagem de AFM podem contribuir com a gestão ambiental de resíduos municipais, por meio de modelos e de métodos que proporcionem: (a) visão global dos fluxos de resíduos e (b) uma perspectiva integradora aos demais fluxos de materiais ocorrentes no município. Essa visão conjunta é útil, para o desenvolvimento políticas voltadas ao fechamento de ciclos produtivos e urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARLES, S. Urban Metabolism of Paris and its Region. Journal of Industrial Ecology, v. 13, n. 6, p. 898–913, 2009.

BRASIL. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – IPEA. Plano Nacional de Resíduos Sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores. 2012.

BRASIL. Lei N° 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

CONKE, L. S.; FERREIRA, T. L. Urban metabolism: Measuring the city's contribution to sustainable development. Environmental Pollution, Vol.202, p.146-152. 2015.

DEUS, R. M.; R. A. G. BATTISTELLE;SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. Engenharia Sanitária Ambiental. v. 20 n.4. p. 685-698. 2015.

ERCOLE, L. A. DOS S. Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares: uma opção mais sustentável para a gestão de resíduos líquidos. Porto Alegre, 180 p. 2003. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

EUROSTAT. Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2001.

GEHRKE, A. E. B. Indicadores de sustentabilidade como ferramenta de apoio a gestão pública de resíduos da construção civil em municípios de pequeno porte. Porto Alegre, 175 p. 2012. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GUERRERO, L. A., MAAS, G. E HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. Waste Management. v. 33. p 220–232. 2013.

HAHN, L. Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas. Florianópolis. 131 p. 2004. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

KUHN, E. A. 2014. Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz, RS. Porto Alegre, 284 p. 2014. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LOVATO, P. Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto. Porto Alegre, 182 p. 2007. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MORIGUCHI, Y.; HASHIMOTO, S. Material flow analysis and waste management. In: CLIFT, R.; DRUCKMAN, A. (Org.). Taking stock of industrial ecology. [S.l.]: Springer International Publishing, 2016, p. 247–262.

UNITED NATIONS. Draft outcome document of the United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III). Quito: 2016

PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ. Prefeitura Municipal de Feliz. Disponível em: <http://www.feliz.rs.gov.br/municipio/economia/>. Acesso em: 5 mar. 2013.

SILVA, C. E. DA; HOPPE, A. E. Diagnóstico dos resíduos de serviços de saúde no interior do Rio Grande do Sul. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 2, p. 146–151, jun. 2005.

123. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS PARA ADEQUAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED NÍVEL PRATA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

DIAS, Emanuelle G.[*1] (emanuellegdias@gmail.com); RODRIGUES, Paulo C.[2] (paulosagahc@gmail.com); NASCIMENTO, Brisa do Mar O. do[3] (brisamnascimento@gmail.com); MAUÉS, Luiz Maurício F.[4] (maues@ufpa.br)*
[1] Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil
[2] Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil
[3] Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil
[4] Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil

RESUMO
O agravamento de problemas ambientais no planeta tem contribuído para despertar a conscientização sobre o desperdício de recursos na construção civil. Na busca de minimizar os impactos ao longo do ciclo de vida das edificações, surgem as construções sustentáveis, e como estratégia relevante as certificações ambientais, entre elas a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). O Brasil é um dos países que mais se destaca, em termos de esforços para obtenção deste selo. No entanto, a região norte concentra a menor quantidade de empreendimentos desta natureza, em relação as demais regiões do país, uma vez que carece de informação por parte dos profissionais, e de indicadores sobre o acréscimo de custos de construção associados a este processo. Diante deste cenário, este trabalho tem como objetivo apontar as diferenças percentuais de custo, em uma edificação residencial, entre o valor original e o valor adaptado para as exigências LEED nível prata.
A pesquisa consiste em um estudo de caso, de natureza quantitativa e exploratória, utilizando-se da comparação em relação ao orçamento inicial e as alterações ocorridas nos custos de execução, devido as exigências que se fizeram necessárias para adequação ao sistema LEED. A análise foi feita com base nos itens orçamentários que sofreram modificações em prol da certificação. Constatou-se um acréscimo de 6,98% no custo total da obra, principalmente em função de adaptações relacionadas à eficiência energética e hídrica. É relevante destacar que o acréscimo no valor total da obra foi compatível com as referências da literatura pesquisada, representando uma contribuição para a criação de parâmetros sobre a viabilidade de empreendimentos sustentáveis similares na região norte.
Palavras-chave: LEED, custo, certificação, construções sustentáveis.

CASE STUDY: COMPARATIVE COST ANALYSIS REGARDING ADAPTATION TO SILVER LEVEL LEED CERTIFICATION OF A RESIDENTIAL BUILDING

ABSTRACT

The worsening of environmental problems on the planet has contributed to encourage public awareness about the waste of resources in construction. In pursuit of minimizing impacts through the life cycle of buildings, and as a relevant strategy, there are the green buildings, as well as environmental certifications, among which there is LEED certification (*Leadership in Energy and Environmental Design).* Brazil is one of the countries that stands out in terms of efforts to obtain this certification. However, the northern region concentrates less projects of this nature than others in the country, for reasons such as lack of information by professionals, also by insufficient indicators about the increase of construction costs on this process. Thus, the objective of this paper is to point the percentage differences of cost, in a residential building, between the original value and the value adapted for LEED level silver requirements.

The case study consists of a quantitative and exploratory research, based on a comparison between the original budget and changes related to job execution costs, in accordance with necessary requirements for the LEED system. The analysis was set on budget items that were modified in favour of accreditation. It was found an increase of 6.98% in the total cost of the work, due mainly to adjustments related to energy and water efficiency. It is important to emphasize that the increase verified in the total value of the work was compatible with literature references, so this represents a contribution to develop parameters about the feasibility of similar sustainable buildings in the north of Brazil.

Keywords: LEED; cost; certification; green building.

1. INTRODUÇÃO

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) estima que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados por atividades humanas sejam provenientes da construção, o que afeta diretamente o meio ambiente. (BRASIL, 2016)

A intensificação dos danos ao meio ambiente pela indústria da construção cada vez mais influencia práticas direcionadas à redução de desperdícios e perdas de recursos. Uma estratégia para a minimização dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida das edificações é representada pela existência de órgãos certificadores e avaliadores de desempenho ambiental, visando agregar competitividade aos projetos, os quais tem inspirado melhorias em relação ao desenvolvimento social e econômico, através de práticas sustentáveis de produção e consumo.

Na região norte do Brasil, o número de empreendimentos que buscam o selo LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é pouco expressivo, havendo apenas 20 empreendimentos registrados, localizados em 2 dos 7 estados da região, representando menos de 10% dos empreendimentos nacionais desta natureza. (GBCB, 2016)

Ainda são muitas as dúvidas que envolvem o custo para a implantação do sistema de certificação LEED. Leite (2013) defende que o principal motivo declarado por profissionais do setor imobiliário em vários países é o acréscimo monetário referente à uma edificação sustentável.

Em virtude disso, será apresentado neste trabalho um dos sistemas de certificação ambiental de maior expressão no Brasil nos últimos anos, o LEED, destacando os principais critérios de avaliação e requisitos adotados para obtenção do selo nível Prata durante a fase de execução do empreendimento escolhido para estudo de caso, situado na cidade de Belém, Pará.

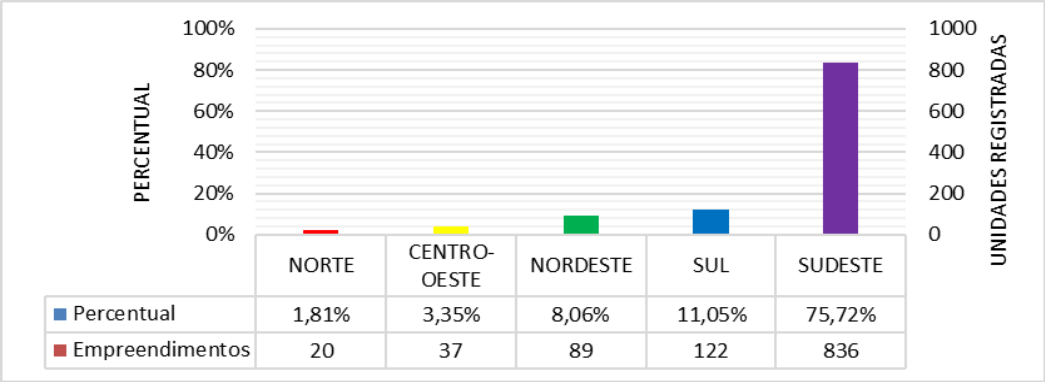
1.1 Construções sustentáveis, conselhos e certificações ambientais

Atualmente, o movimento das construções sustentáveis (*green buildings*) é de âmbito internacional, composto por quase 60 conselhos de construção verde, os quais estabelecem ambiciosas metas de desempenho para o ambiente construído em seus respectivos países.
Segundo Kibert (2012), além de promover os *green buildings*, estes conselhos desenvolvem e supervisionam os sistemas de avaliação de edificações, os quais atribuem notas às construções com base em uma avaliação holística do seu desempenho em relação à uma ampla gama de requisitos ambientais, econômicos e sociais.
Com isso, as certificações ambientais representam uma estratégia para conscientização de todas as partes envolvidas quanto a minimização dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida da edificação.

1.2 Certificação LEED

O LEED é um sistema internacional de certificação e referência ambiental para edificações, utilizado em 143 países, cujo intuito é incentivar a mudança de projetos, obra e operação, com foco em sustentabilidade, levando em consideração critérios como espaço sustentável, uso racional de água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, estratégias inovadoras e prioridade regional. (SILVA; LUCENA, 2015; USGBC, 2016)
Segundo o Green Building Council Brasil (GBCB), quanto à tipologia, existem 4 principais categorias: Novas construções, Design de Interiores, Edifícios Existentes e Bairros, que podem ser aplicadas a diversos tipos de projeto de acordo com as necessidades únicas de cada um.
No Brasil, há registros datados de 2004 sobre empreendimentos buscando o selo LEED, e em 2006 já haviam 8 construções registradas no processo. O crescimento nacional da certificação alavancou desde então, e atualmente existem mais de 300 construções certificadas, e mais de 1.000 registradas, das quais 73 tiveram registro feito apenas no ano de 2016. Dos 26 estados brasileiros, 20 contemplam pelo menos um empreendimento registrado no processo de certificação LEED, no entanto é discrepante a distribuição destes ao logo do território nacional. (GBCB, 2016)

Figura 1. Cenário nacional de certificações LEED



Fonte: Adaptado de Green Building Council Brasil (2016)

A Figura 1 apresenta os dados de empreendimentos por região. Nota-se a grande disparidade de empreendimentos na região Sudeste em relação às demais regiões do país. De acordo com o GBC Brasil, 75,72% das construções estão concentradas apenas nesta região, onde os estados

de São Paulo e Rio de Janeiro são detentores do maior número de prédios comerciais, centros de distribuição e escritórios certificados no país. Em contrapartida, na região norte há uma contribuição de apenas 1,81% dentre mais de 1000 unidades registradas pela certificação LEED no Brasil.

1.3 Obstáculos para adequação de uma obra à certificação LEED

Segundo o *International Council for Building – CIB (1999)*, custo é um dos fatores que norteiam as obras de engenharia. Porém, as dificuldades para manutenção do equilíbrio entre fatores determinantes aumentam quando o quesito ambiental é inserido no contexto, e isso influencia em aspectos como valor e qualidade da edificação, adequações às necessidades do usuário, processo construtivo, economia local, entre outros.

De acordo com Candido e Soares (2015), a variabilidade de custos depende das composições unitárias, sendo estas baseadas em indicadores de produtividade, tais como mão de obra e consumo de materiais.

Neste sentido, estes indicadores estão essencialmente ligados às melhorias na produtividade e qualidade, bem como possibilitam melhor planejamento e gestão na construção civil. Dentre os indicadores nacionais, o CUB (Custo unitário básico de construção) é uma das principais referências. A Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2016) destaca que este indicador é baseado em dados divulgados oficialmente pelo IBGE, o que confere maior credibilidade ao processo de orçamentação e projeção de custos.

Para muitos profissionais da indústria da construção, a realidade de edifícios certificados pelo sistema LEED irá adicionar custos onerosos a um empreendimento novo ou existente. O acréscimo de custos de projeto pode aumentar em cerca de 10 a 30% o seu valor convencional, enquanto que usuários experientes da certificação LEED acham possível conseguir certificações de nível Ouro e Prata em uma escala de custos variando em termos de 1 a 2% do custo total executivo da obra (VAMOSI, 2011; KATZ, 2008). Para Abbate (2010), a certificação ambiental aumenta o custo de um empreendimento de 5% a 10%, o que Porto (2006) corrobora afirmando que quanto maior o porte da obra, menor o impacto desses custos no orçamento do empreendimento, bem como de acordo com o nível de certificação que se deseja alcançar. O modelo atual de contratação, locação e venda, também é apresentado como obstáculo, pois as empresas incorporadoras e construtoras não necessariamente receberão os benefícios de economia de recursos gerados no empreendimento (PONTES, 2010). Além disso, o acréscimo de custo em um empreendimento sustentável, em relação aos seus equivalentes convencionais, é o principal motivo declarado por profissionais do setor imobiliário de diversos países, para não construírem de forma sustentável (LEITE JR, 2013).

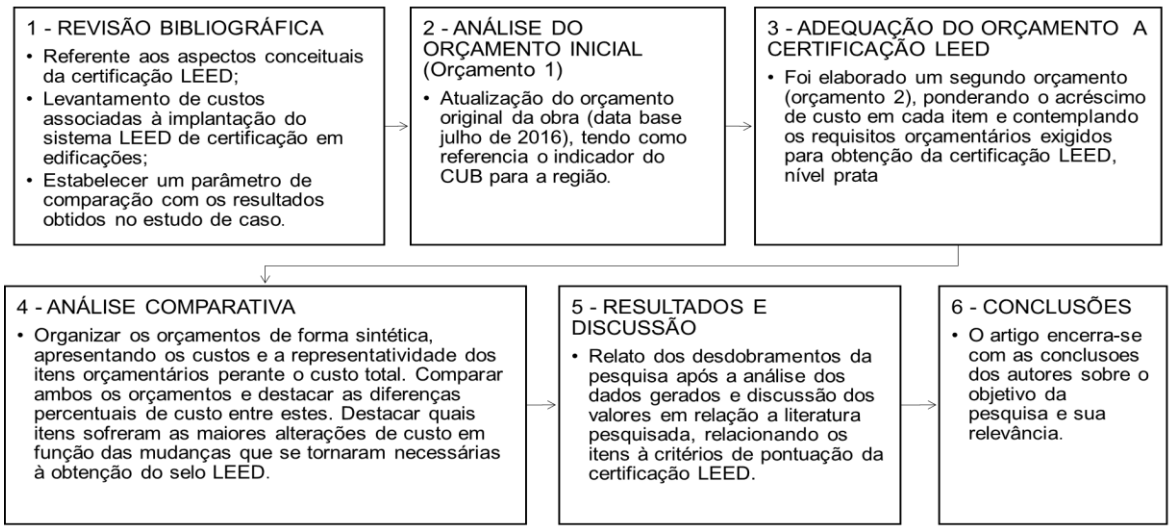
2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa consiste em apontar as diferenças percentuais de custo, em uma edificação residencial, entre o valor original e o valor adaptado para as exigências LEED nível prata.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia é fundamentada em um estudo de caso de abordagem quantitativa e caráter exploratório, baseado em uma avaliação comparativa entre orçamentos analíticos de um mesmo edifício, onde foram levantados as quantidades e preços unitários de serviços e insumos individualmente, explicado de acordo com a Figura 2:

Figura 2. Etapas da pesquisa



Fonte: Os autores

Neste estudo foram considerados todas as informações de alterações fornecidas pelo empreendimento, através de documentos como projeto arquitetônico, memorial descritivo e tabela de créditos. A pesquisa leva em consideração as alterações decorrentes no custo de produção em função das exigências da certificação LEED, sendo que as mudanças devido as variações do processo produtivo não foram objetos de estudo.

3.1 Descrição do empreendimento

O empreendimento escolhido para o estudo consiste em um edifício residencial em Belém, Pará, com obras iniciadas em novembro de 2012. A edificação busca a certificação *LEED Core and Shell*, também chamado de núcleo e casca, caracterizada pela tipologia de nova construção, em que o desenvolvedor controla as bases de projeto, como a construção de todo o sistema mecânico, elétrico, hidráulico e de proteção contra incêndio, mas o ajuste final e design dos apartamentos fica a critério de seus ocupantes.

A busca pelo nível prata justifica-se pelo fato de ser o primeiro projeto da empresa que almeja este selo, logo trata-se de uma decisão estratégica. Atualmente a obra está em fase de conclusão, com 90% dos serviços finalizados e recebeu a pré-certificação pelos requisitos atendidos.

A torre é composta por 30 pavimentos-tipo, sendo um apartamento por andar, comportando 96 vagas de garagem disponíveis aos moradores, contando inclusive com vagas destinadas aos veículos de baixa emissão, além de três elevadores, sendo um social, um de serviço e outro para emergência. Nas áreas comuns, estão presentes facilidades como salão de festas, playground, brinquedoteca, espaço gourmet, piscina adulto, piscina infantil, SPA, quadra poliesportiva e espaço fitness. Existem 2 opções de planta, com metragens de 195,01m² e 200,64m² de área privativa, sendo que cerca de 70% dos apartamentos foram modificados por solicitação dos seus respectivos proprietários, em função da pluralidade e autonomia dos futuros ocupantes.

Com sistema construtivo convencional, o edifício é composto de infraestrutura com fundações profundas, estrutura em pórticos espaciais de concreto armado, alvenarias de vedação em bloco cerâmico, o revestimento de piso em cerâmica, granitos e porcelanato, esquadrias internas de

madeira e externas em alumínio natural com vidro incolor. As áreas molhadas são impermeabilizadas com emulsão asfáltica. O revestimento externo é composto por pastilhas cerâmicas e porcelanato, e a fachada envidraçada, é do sistema construtivo tipo Stick.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar o orçamento inicial do empreendimento, o qual datava de fevereiro 2012, constatou-se que este não contemplava custos referentes à obtenção do selo verde. Verificou-se também que nem todos os projetos estavam concluídos na época de sua elaboração. Diante dessas lacunas, elaborou-se um orçamento atualizado, intitulado Orçamento 1.

Foram acrescentados ao Orçamento 1 os custos das modificações para o LEED, como utilização de tintas com menos poluentes, porcelanatos, vidros, portas com madeira certificada, elevadores, cabos elétricos de maior diâmetro, metais e louças mais eficientes. Desta forma, foi gerado o Orçamento 2, possibilitando a análise comparativa.

Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 1 e 2 de acordo com a representatividade em relação ao custo total inicial da obra, bem como os acréscimos e adequações ponderados por item em função do LEED e em relação ao valor total do Orçamento 1, respectivamente:

Tabela 1. Representatividade dos itens orçamentários em relação ao orçamento inicial da obra.

Item	Descrição	Representatividade	
		Orçamento 1 (Sem LEED)	Orçamento 2 (Com LEED)
01	Despesas Indiretas	25,31%	25,31%
02	Fundações	4,93%	4,93%
03	Super-Estrutura	27,94%	27,94%
04	Obra-Bruta	6,02%	6,02%
05	Correção de tetos e forros	0,85%	0,85%
06	Revestimento cerâmico e piso	3,05%	3,34%
07	Esquadrias e serralheria	4,46%	4,61%
08	Pintura	2,33%	2,68%
09	Revestimento e acabamento de fachadas	7,15%	8,69%
10	Instalações	8,64%	10,87%
11	Diversos	9,33%	11,76%

Fonte: Os autores

Na Tabela 1, percebe-se em destaque os itens que sofreram alterações para a certificação LEED. Verifica-se um acréscimo de custo nos itens de revestimento cerâmico e piso, esquadrias e serralheria, pintura, revestimento e acabamento de fachadas, instalações e diversos para atendimento aos requisitos da certificação.

Com relação aos itens 01 a 05, não houve mudança no orçamento declarada pelo empreendimento, sendo os seus valores inalterados nesta pesquisa. Não foi possível contabilizar os custos referentes às despesas indiretas e outras medidas tomadas pela empresa com relação ao LEED, como a gestão de resíduos e escolha do terreno, pois as mesmas dependeram de critérios subjetivos e estratégicos da empresa.

As diferenças entre os itens destacados revelam que houve apenas acréscimos em função da adequação ao LEED. A substituição de insumos convencionais por insumos que estejam de

acordo com os requerimentos do sistema para um melhor desempenho ambiental, foi o fator contribuinte para este aumento de custos no orçamento da obra.
Na sequência, foram expostos na Tabela 2 as adequações referentes a cada item modificado para atender as exigências do selo verde:

Tabela 2. Acréscimos e adequações ponderados por item em função do LEED

Item	Descrição	Acréscimo Relativo		Adequações
		Por item	Valor Total Orçamento 1	
06	**Revestimento cerâmico e piso**	9,41%	0,29%	Uso de porcelanatos com índice de refletância solar (S.R.I.) entre 55 e 45
07	**Esquadrias e serralheria**	3,35%	0,15%	Portas de Madeira certificadas pelo *Forest Stewardship Council* (FSC)
08	**Pintura**	15,05%	0,35%	Uso de tintas, seladores e massa corrida com menos poluentes
09	**Revestimento e acabamento de fachadas**	21,47%	1,54%	Fachada envidraçada com sistema do tipo *Stick*
10	**Instalações**	25,87%	2,23%	Mudança dos cabos da prumada elétrica; Uso de louças e metais mais econômico; Lâmpadas de LED em áreas comuns
11	**Diversos**	25,98%	2,42%	Elevadores com consumo energético mais eficiente
	TOTAL		**6,98%**	

Fonte: Os autores

O item 10 “Instalações” contempla instalações elétricas, hidráulicas, de gás, S.P.D.A. e incêndio, enquanto que o item 11 “Diversos” refere-se a elementos como elevadores, churrasqueira, bancadas, corrimãos e paisagismo. Analisando as adequações ao LEED da Tabela 2, nos itens 10 e 11, percebe-se que predominam mudanças quanto a recursos energéticos e hídricos.
Em relação ao critério de avaliação “Energia e atmosfera”, a adoção de equipamentos mais eficientes é representada pela aquisição de elevadores, alteração de lâmpadas das áreas comuns e aumento da bitola dos cabos da prumada, em função da redução de consumo de energia. Toda a iluminação das áreas comuns será feita com lâmpadas de LED (*Light Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz), mais econômicas e de maior eficiência energética. Somando todas essas medidas, foi possível obter uma redução no consumo energético de 10% em relação aos padrões de consumo de um prédio comum.
Quanto ao quesito “Eficiência Hídrica”, o empreendimento optou pela redução do desperdício através da implantação de louças e metais específicos para o uso eficiente da água, os quais reduzem o volume gasto quando em utilização. Nesse sentido, obteve-se redução de 20%.
A expectativa é de que a diminuição de custos seja ainda maior, pois existe potencial para redução de consumo. Porém ainda não é possível estimar valores, uma vez que isto depende das modificações efetuadas em termos de materiais, e da utilização dos recursos por parte dos ocupantes.

Em relação a qualidade do ambiente interno, o empreendimento busca o controle do sistema de iluminação e de conforto térmico através da redução de ilhas de calor em áreas descobertas, com a mudança do índice de refletância solar (SRI) dos revestimentos cerâmicos e piso, além do aproveitamento de iluminação natural, com as fachadas em vidro. A pintura de paredes e pisos prezou pelo uso de tintas, massas e seladores sem compostos orgânicos voláteis (COV's), cuja inalação pode produzir efeitos adversos a saúde humana.
No que diz respeito ao critério "Materiais e Recursos", o emprego de 3,35% a mais do que o estimado inicialmente para as esquadrias, através da aquisição de portas com madeira certificada FSC contribuiu para atingir a pontuação pretendida neste critério.
Tratando-se de uma obra de médio porte que visa o nível prata de certificação, constata-se um acréscimo ao valor total da obra de 6,98%, o que representa um percentual em conformidade com as referências da literatura de Porto (2006) quanto ao porte de uma obra e Abbate (2010), pois encontra-se na faixa de 5 a 10% do custo total do empreendimento. Com isso, este investimento se adequa a proposta de benefícios da certificação durante a fase de utilização para os ocupantes, como valorização do imóvel, aumento da satisfação e bem-estar dos usuários, uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental, além da contribuição para o aumento da conscientização ambiental.
Com relação ao quesito energético de uma construção sustentável, o GBC Brasil (2016) destaca que edificações brasileiras poderiam apresentar, sem muitos esforços adicionais, um potencial mínimo de redução de 30% ou mais. Logo, o percentual encontrado neste trabalho configura um custo adicional plausível para uma edificação deste tipo, uma vez que o retorno financeiro se dá ao longo do tempo, através da redução de custos operacionais, como aqueles com água e luz.

5. CONCLUSÃO

O estudo de caso permite concluir que a adequação aos requisitos do LEED Prata na edificação residencial analisada é passível de ser alcançada com um aumento de 6,98% no custo total da obra. Os objetivos da pesquisa foram alcançados, uma vez que os resultados revelaram a diferença de custo associada à adoção do sistema LEED de certificação. Cabe ressaltar que o percentual encontrado integra um cenário de usuários pouco experientes de certificamento na região, caracterizado pelo acréscimo de custos em um projeto desta natureza. Esta adição consiste em um valor expressivo no custo global do empreendimento, e caso não seja considerada na fase de viabilidade econômica, pode comprometer a implantação da certificação.
Ainda existem muitos obstáculos para a consolidação de edifícios residenciais sustentáveis na região norte. Através da pesquisa, comprovou-se que as mudanças referentes aos custos de produção para adequação ao LEED ainda esbarram em dificuldades como a falta de informação sobre produtos que atendem as exigências do selo verde, por parte de fornecedores, representantes e profissionais. Além disso, a dificuldade para obtenção de dados sobre o reduzido número de edifícios certificados na região, apenas 20 em um total de 1104 no país, prejudica a existência de indicadores que sirvam de referência para a difusão da aderência ao movimento das construções sustentáveis.
Na pesquisa, os itens orçamentários verificados como os mais expressivos em relação ao custo total do empreendimento, foram referentes à revestimento cerâmico e piso, esquadrias e serralheria, pintura, revestimento e acabamento de fachadas, instalações e diversos. Dentre estes, percebe-se que foram investidos cerca de 4,66% a mais do valor total inicial obra na aquisição de equipamentos como elevadores, louças e metais, e na substituição de cabos da prumada para economia de recursos, logo, as mudanças que tiveram maior relevância tiveram direcionamento à otimização do consumo por parte dos usuários.

Nesse contexto, é válido destacar que o valor estimado na pesquisa não inclui custos associados ao processo de certificação, como registro e análise do projeto, pré-certificação, entre outros, o que pode contribuir para o aumento do percentual calculado. Além disso, a experiência e familiaridade dos profissionais na região poderia contribuir para redução de custos adicionais. Logo, a variação de despesas adicionais com o selo LEED é relativa. A escolha pela adoção do sistema LEED é uma decisão estratégica da empresa, e depende também de fatores de mercado, como a demanda por imóveis desta categoria, preço e disponibilidade de produtos na região. Assim, parâmetros sobre a viabilidade econômica como a análise de custos adicionais para a certificação, tornam-se uma referência válida para o desenvolvimento de empreendimentos sustentáveis na região norte.
A necessidade de mais referências para projeção de custos adicionais em uma obra certificada e disseminação da prática de construções sustentáveis abrem campos de investigação para futuras pesquisas. Por fim, sugere-se estudos de demanda e de pós ocupação voltados aos usuários, construtoras e incorporadoras de edificações desta natureza, bem como estimativa do tempo de retorno do investimento adicional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBATE, V. Como obter uma certificação ambiental. Revista Arquitetura e Urbanismo. Ed. 195, Junho, 2010. Disponível em: www.au.pini.com.br. Acessado em: 20/08/2016.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. Construção Sustentável. Site oficial: www.mma.gov.br. Acessado em 20/06/2016.

CANDIDO, L. F.; SOARES, G. N. Acompanhamento dos custos de produção a partir de indicadores de produtividade. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Outubro, 2015.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Disponível em http://www.cbic.org.br. Acessado em 26/08/2016.

CIB - International Council for Building - *Agenda 21 on Sustainable Construction.* CIB Report Publication 237, 1999, 120p.

GBC Brasil. GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Site Oficial: www.gbcbrasil.org.br. Acessado em 20/06/2016.

KATZ, Ashley. The LEED Guide: Green Buildings Returns Outweigh Cost; Revista Sustainable Facility, Julho, 2008.

KIBERT, Charles J., Sustainable Construction, Green Building Design and Delivery, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2012. 543p.

LEITE JR, H. de F. Sustentabilidade em empreendimentos imobiliários residenciais: avaliação dos custos adicionais para o atendimento dos requisitos de certificação ambiental. São Paulo. 193p. 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PONTES, V. V. Título: Estudo sobre a adequação de um edifício residencial a certificação LEED. Fortaleza. 57p. 2010. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Ceará.

PORTO, M. M. O processo de projeto e a sustentabilidade na produção da arquitetura. São Paulo. 344p. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

DA SILVA, B. C. C.; LUCENA, S. R. da S. Processo de certificação LEED do edifício Torre Cristal: Um estudo de caso sobre a etapa de projeto. Belém. 94 p. 2015.

US. GREEN BUILDING COUNCIL. 2016. Site Oficial. www.usgbc.org. Acessado em 17/06/2016.

VAMOSI, Stephen J. The true cost of LEED-Certified Green Buildings. Revista HPAC Engineering, Janeiro, 2011.

134. COMO VOCÊ MORA: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE HABITAÇÕES

SARAMAGO, Rita de Cássia Pereira[*1]; (saramagorita@gmail.com); VILLA, Simone Barbosa*[1] *(simonevilla@yahoo.com); SILVA, Ana Carolina da*[1] *(carolaind3@gmail.com)*
[1] Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
Este trabalho apresenta parte da pesquisa em desenvolvimento, intitulada "COMO VOCÊ MORA: Sistema Interativo de Avaliação Pós-Ocupação da Qualidade do Habitar em Meios Digitais", a qual tem como objetivo geral desenvolver um sistema interativo de avaliação pós-ocupação (APO) em meios digitais, que permita identificar a qualidade das habitações investigadas e cuja viabilidade, testada em estudos de caso na cidade de Uberlândia (MG), possa fundamentar sua replicação futura em território nacional. Esta comunicação enfoca a fundamentação teórica e a estruturação metodológica de parte da pesquisa, tendo em vista a qualidade ambiental das habitações dentro do sistema de avaliação proposto. Para além de questões de eficiência energética e desempenho ambiental, nesta pesquisa, interessava identificar o comportamento dos moradores quanto ao uso de diferentes recursos naturais, avaliando-se seus hábitos e ações – enfocando, portanto, aspectos socioculturais da sustentabilidade. Sendo assim, apresentam-se as seguintes etapas: (i) fundamentação teórica do trabalho; (ii) discriminação dos atributos de avaliação quanto à qualidade ambiental das habitações; (iii) elaboração das questões a serem inseridas no sistema de avaliação proposto; (iv) criação de feedbacks educativos para os usuários sobre as questões elaboradas; e (v) acompanhamento do desenvolvimento do sistema de avaliação proposto. Os resultados preliminares indicam que a utilização de tecnologias com recursos em meio digital pode minimizar alguns problemas frequentes em APOs tradicionais, na medida em que aumentam a eficiência dos resultados da avaliação, reduzem seu tempo de execução e custos orçamentários, além de despertarem maior interesse por parte dos respondentes – sobretudo quanto às questões relacionadas à sustentabilidade do ambiente construído.
Palavras-chave: Avaliação pós-ocupação; Inovação tecnológica; Interfaces digitais; Qualidade ambiental; Sustentabilidade.

HOW DO YOU LIVE: EVALUATION OF ENVIRONMENTAL QUALITY OF HOUSING

ABSTRACT
The present paper presents part of the on-going research entitled "How do you live: post-occupancy evaluation interactive system on housing quality in digital media". The research aims to develop a post-occupancy evaluation (POE) interactive system in digital media that allows the identification of the quality of the housing under investigation. The feasibility of this interactive system will be tested in case studies in the city of Uberlândia (MG) and may fundament its future replication in Brazil. This paper deals with the theoretical foundation and the methodological structure of part of the research focusing on the environmental quality of the houses within the proposed evaluation system. Apart from energy efficiency and environmental performance issues, the research sought to identify the inhabitants' behavior regarding the use of different natural

resources by evaluating their actions and habits, thus focusing on sociocultural aspects of sustainability. Therefore the following steps are presented: (i) theoretical foundation of the work; (ii) discrimination of the evaluation attributes regarding the environmental quality of the houses; (iii) elaboration of the questions to be inserted in the proposed evaluation system; (iv) creation of educational feedbacks to users on the elaborated questions and (v) monitoring of the development of the proposed evaluation system. The preliminary results show that the use of technology with digital media resources may minimize some frequent problems in traditional POE studies as they increase the efficiency of the evaluation results, reduce their execution time and their costs, apart from making the respondents more interested, especially in questions related to the sustainability of the constructed environment.
Keywords: Post-occupancy evaluation; Technology innovation; Digital interfaces; Environmental quality; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Amplo campo de possibilidades de pesquisa, o tema da moradia tem sido estudado a partir de diferentes abordagens e recortes. Mesmo que as perspectivas de análise variem, coadunam o entendimento de que morar representa ato fundamental da existência humana. Uma das interpretações que mais enfatizam a importância psíquica da casa para a constituição do indivíduo é da Bachelard (1993), ao indicar que a casa possibilita ao homem um enraizamento profundo na vida, configurando-se como um elemento de estabilidade (um abrigo) frente ao exterior hostil.

Já para Kunze e Conciani (2004), a moradia constitui uma necessidade básica e mínima para a sobrevivência do ser humano. Além da condição de espaço protetivo como abrigo, representaria também o espaço da vida privada, que permite o estabelecimento interdependente das relações e, ao mesmo tempo, o respeito à intimidade. Lima (2007), por sua vez, amplia essa interpretação, ao perceber que habitar diz respeito à realização de várias atividades humanas, sejam elas puramente domésticas (como dormir, higienizar-se, preparar alimentos e lavar roupas), ou relacionadas ao trabalho e lazer (ler, estudar, ouvir música, entre outras) – sendo que cada uma dessas ações, além de divergirem entre si, podem ser exercidas de maneiras variadas de acordo com o tipo de família que as realizam. O habitat representaria, em síntese, o lugar da vida.

Nesse sentido, ao mesmo tempo em que os espaços de moradia são individuais, apresentam sua dimensão coletiva: cada membro da família ocupa um mesmo invólucro e, ademais, as pessoas dessa única família interagem e se socializam com a vizinhança, o bairro e a cidade (ARAÚJO, 2005). Dessa forma, a análise da casa, abrigo do “morar”, deve estar sempre relacionada com a investigação sobre o território físico e o ambiente em que se assenta.

Indagar “COMO VOCÊ MORA”, no âmbito da pesquisa em desenvolvimento e em parte aqui apresentada, portanto, busca apreender os múltiplos significados do morar nas seguintes dimensões: física (a casa em si), comportamental (relativa à moradia – à casa e aos seus usuários) e urbana (enquanto habitação – a casa no mundo). Considerando a importância do morar para o ser humano, justifica-se também a necessidade de saber como os habitantes de nossas cidades estão sendo abrigados. Ou seja, importa avaliar a qualidade do habitar.

Nesse contexto, observa-se que as cidades brasileiras recebem anualmente centenas de unidades habitacionais, implementadas pelo poder público e privado, que contrariam princípios básicos da habitabilidade: aspectos de funcionalidade, espaciosidade e privacidade geralmente não são atendidos – conforme pode ser comprovado em estudos de avaliação pós-ocupação (GRANJA et al., 2009; VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2015). Essa situação se intensificou especialmente nos últimos anos, quando houve um significativo aumento do acesso ao crédito,

conferindo maior elasticidade ao mercado brasileiro e impulsionando a demanda por diferentes tipologias de unidades habitacionais em todo o país (CORDEIRO FILHO, 2008).

Sendo assim, a Avaliação Pós-Ocupação (APO) constitui ferramenta fundamental para se avaliar a qualidade da produção habitacional brasileira. A relevância da APO para a obtenção da qualidade do projeto de arquitetura já é bastante consolidada por diversas pesquisas na área da construção civil (VOORDT; WEGEN, 2013; VILLA; ORNSTEIN, 2013). O papel da gestão do processo de projeto, na qual a APO se insere, quanto ao atendimento à qualidade dos espaços construídos, notadamente nas habitações, também já foram amplamente pesquisados (KOWALTOWSKI et al., 2013). Dessa forma, evidencia-se a relação existente entre a aferição do comportamento humano no espaço doméstico e a qualidade habitacional como forma de elevar os índices de satisfação e melhoria do desempenho dos projetos idealizados nessa área.

Por outro lado, apesar do esforço no sentido de fundamentar a qualidade da habitação, observa-se que muitos estudos são limitados, na medida em que os trabalhos comumente focalizam certos aspectos que configuram a qualidade da habitação: sociais e comportamentais, ou econômicos e políticos, ou ambientais e patológicos, ou ainda os antropométricos dos projetos arquitetônicos. É o caso das pesquisas que enfocam os sistemas relacionados ao conforto ambiental e à eficiência energética das unidades habitacionais, os quais, inicialmente, centraram-se em definir parâmetros de desempenho para esses sistemas, ao passo que os estudos mais recentes começaram a indicar a necessidade de se rever os parâmetros de avaliação inicialmente propostos.

Na Holanda, por exemplo, verificou-se que tecnologias mais eficientes, em geral, reduzem os preços dos serviços de energia, encorajando a mudança de comportamento dos usuários, que aumentam seu consumo energético (VISSCHER; WERF; VOORDT, 2013). Já no Reino Unido, segundo Stevenson (2013), o problema centra-se na ausência de estudos mais concisos quanto à usabilidade de tecnologias de baixo teor de carbono. Assim, quando essas tecnologias não atendem à finalidade pretendida – apresentando defeitos de instalação e de operação – gera-se uma potencial reação negativa à sua adoção por parte dos moradores. Portanto, percebeu-se que as medidas ambientais devem ser relacionadas com o cotidiano dos usuários e com suas expectativas (em termos de custo, conforto e segurança).

Desse modo, a pesquisa em curso reforça a necessidade de se identificar o papel dos moradores na redução dos impactos ambientais, analisando-se seus hábitos e ações. Visa também contribuir para a discussão atual sobre o modo de habitar num momento oportuno, dada à quantidade de empreendimentos habitacionais diariamente lançados. Por outro lado, a necessidade de sempre lançar empreendimentos, em um curto prazo, geralmente restringe as etapas de projeto – o que faz com que o mesmo seja reproduzido em vários locais, indiscriminadamente (VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2015). Desta forma, torna-se necessário refletir sobre a qualidade de tal produção, verificando o quanto atende: às especificações técnicas de materiais e sistemas construtivos que possam garantir o conforto das unidades residenciais; aos modos de morar de diferentes perfis familiares, sociais e culturais – que influenciam suas ações sobre o meio ambiente; e aos impactos urbanos gerados pela implantação das habitações.

2. OBJETIVO

A pesquisa geral objetiva desenvolver um sistema interativo de avaliação pós-ocupação (APO) em meios digitais, que permita identificar a qualidade das habitações investigadas e cuja viabilidade, testada em estudos de caso na cidade de Uberlândia (MG), possa fundamentar sua replicação futura em território nacional. A metodologia de APO em meio digital tem o intuito de abordar aspectos funcionais, comportamentais e ambientais das habitações e será organizada em etapas que partem das informações pessoais dos moradores até a avaliação propriamente dita da

unidade residencial. Este trabalho enfoca especificamente a estrutura metodológica da pesquisa tendo em vista a qualidade ambiental das habitações dentro do sistema de avaliação proposto.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Visando avaliar a qualidade ambiental habitacional e para dar suporte ao desenvolvimento do sistema de avaliação em meios digitais, metodologicamente, a pesquisa estruturou-se em: (i) discriminação dos atributos de avaliação das habitações quanto à qualidade ambiental; (ii) elaboração das questões a serem inseridas no sistema de avaliação proposto; (iii) criação de *feedbacks* educativos para os usuários sobre as questões elaboradas; (iv) acompanhamento do desenvolvimento do sistema de avaliação; (v) teste do sistema de avaliação em estudos de caso de Uberlândia (MG); e (vi) organização do banco de dados sobre a qualidade ambiental do morar.

A primeira etapa da pesquisa envolveu, portanto, a realização de consulta em fontes diversas (incluindo pesquisas anteriores: SARAMAGO; VILLA; SILVA, 2015; VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2015; VILLA et al., 2015) para identificar e caracterizar os atributos de avalição da qualidade ambiental da habitação em diferentes escalas (física, comportamental e urbana). Definidos os atributos de avaliação, foram elaboradas então as questões que seriam inseridas no sistema de avaliação proposto (segunda etapa), identificando-se ainda a possibilidade de informar os respondentes, ao longo do questionário, quanto ao seu comportamento – criando-se *feedbacks* educativos (terceira etapa).

Para a quarta etapa, ressalta-se que o trabalho dá continuidade a estudos desenvolvidos no âmbito do grupo "[MORA] pesquisa em habitação" da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade Federal de Uberlândia (FAUeD/UFU), os quais enfocam justamente metodologias de avaliação pós-ocupação e interfaces digitais[3]. Destaca-se principalmente a pesquisa *APO Digital,* que propôs um *software* e interface destinados à avaliação de edifícios de apartamentos em ferramentas digitais (*tablets, web*)[4]. Já o trabalho aqui apresentado ampliou as ferramentas desenvolvidas, no sentido de elaborar um sistema que pudesse ser empregado em diferentes tipologias de habitação. Sendo assim, paralelamente à definição dos atributos de avaliação, outra equipe desenvolveu o desenho gráfico do novo sistema, bem como sua interface digital. Portanto, a quarta etapa deu suporte ao desenvolvimento das ferramentas de avaliação do sistema em meios digitais (*tablets, web*) quanto aos aspectos relacionados à sustentabilidade e ao conforto ambiental – considerando, para tanto, os resultados das etapas anteriores.

Após o desenvolvimento do sistema interativo, a próxima etapa da pesquisa consiste em aplicá-lo junto a usuários de variadas tipologias habitacionais em Uberlândia (MG) para testar sua viabilidade. Tal aplicação, em processo de desenvolvimento, pode indicar a necessidade de se realizar alguns ajustes tanto na ferramenta de avaliação desenvolvida quanto nas próprias questões elaboradas. Por fim, a partir da participação de diferentes usuários na avaliação da qualidade de habitações em Uberlândia (MG), será possível futuramente organizar um banco de dados sobre diferentes aspectos do morar, inclusive sobre aqueles mais especificamente relacionados com a qualidade ambiental das moradias (sexta etapa). Pretende-se que a sistematização dos resultados gere quadros, esquemas e gráficos informativos.

[3] Cf. <https://morahabitacao.com/pesquisas-em-andamento-2/>.

[4] Pesquisa financiada pela FAPEMIG, desenvolvida pelo mesmo grupo de pesquisa em outra linha de investigação. Esta pesquisa pretendeu discutir novas possibilidades metodológicas para a área de APO, através do desenvolvimento de *softwares* específicos e da utilização de interfaces digitais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO SOBRE A METODOLOGIA DESENVOLVIDA

Para melhor analisar os resultados obtidos pela pesquisa até o presente momento, organizou-se sua apresentação conforme as etapas metodológicas acima descritas: atributos de avaliação da qualidade ambiental, elaboração de questões e de *feedbacks* para a APO e sistema de avaliação da qualidade da habitação em meios digitais.

4.1 Atributos de avaliação da qualidade ambiental

A determinação dos atributos de avaliação utilizou, como referências, pesquisas anteriores, as quais também trataram da aplicação de APO em habitações para verificar sua qualidade ambiental, embora com outros recortes (edifícios de apartamentos ou habitação de interesse social). Assim, considerando-se os trabalhos já desenvolvidos, ampliou-se a abrangência da presente investigação visando contemplar diferentes tipologias habitacionais (térreas ou verticalizadas, em condomínios ou loteamentos).

Além disso, enfocaram-se as seguintes escalas de análise, previstas pela pesquisa geral: física (aspectos técnicos e construtivos que conferem qualidade ambiental às unidades residenciais, especialmente relacionados à ideia de conforto), comportamental (hábitos e ações dos usuários quanto aos impactos do morar) e urbana (impactos derivados da implantação da habitação na cidade). Considerou-se ainda que a abordagem ambiental da pesquisa deveria estar equilibrada com a análise de funcionalidade, também presente na pesquisa geral e responsável pelas questões relativas à identificação das maneiras de morar (usos e atividades realizadas no ambiente doméstico), dos perfis familiares e das demais necessidades espaciais dos moradores.

Desse modo, a partir dos diferentes dados coletados, os atributos de avaliação foram finalmente categorizados nos seguintes aspectos: conforto ambiental (térmico, lumínico e acústico), consumo de água, consumo de energia, coleta e destinação de resíduos, consumo de alimentos orgânicos, vegetação e mobilidade urbana – os quais serão melhor descritos no próximo item (Tabela 1).

4.2 Elaboração de questões e de *feedbacks* para a APO

Após definidos os atributos de avaliação da qualidade ambiental da habitação, foi feita uma revisão dos questionários elaborados para as pesquisas anteriores supracitadas, com o intuito de: melhorar as perguntas existentes, contemplar diferentes tipologias habitacionais e adicionar questões que ampliassem a verificação dos hábitos dos moradores quanto à redução dos impactos ambientais do morar. Para tanto, criaram-se tabelas que relacionam os atributos de avaliação com as possibilidades de questões.

No questionário, a avaliação do conforto ambiental das unidades ocorre pela identificação do nível de satisfação dos respondentes sobre cada cômodo da moradia (escala física) em termos de: ventilação natural, iluminação natural, temperatura e nível de ruído (Tabela 1). Quando da elaboração do banco de dados, essas questões poderão ser cruzadas com outros aspectos técnicos e construtivos avaliados (como, por exemplo, quanto à realização de reformas pelos moradores tendo em vista a melhoria das condições de conforto desses cômodos).

Já o bloco de questões que objetiva identificar o nível de consciência ambiental dos moradores discrimina seus hábitos e ações em termos de: economia de água; economia de energia; motivos que justificam economia de água e de energia; presença de fonte solar (aquecedores e/ou painéis fotovoltaicos); uso de equipamentos economizadores de água; coleta e destinação de resíduos (lixo doméstico, reciclável, óleo, medicamentos, construção civil, baterias e equipamentos eletrônicos); conhecimento sobre ecopontos; consumo de alimentos orgânicos e justificativas para tal consumo (ou para a ausência dele); relação com vegetação (presença de áreas verdes nos

lotes e nas unidades, além de motivos que justificam sua presença ou ausência) e mobilidade urbana (meios de transporte mais utilizados e justificativas para tanto).

Tabela 1. Tabela contendo atributos de avaliação e aspectos avaliados por cada atributo

ATRIBUTOS DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS AVALIADOS
CONFORTO AMBIENTAL	Ventilação Natural Iluminação Natural Temperatura Ruídos
CONSUMO DE ÁGUA	Razões para economizar (ou não) água Ações para economizar água Dispositivos economizadores de água
CONSUMO DE ELETRICIDADE	Razões para economizar (ou não) eletricidade Ações para economizar eletricidade Sistemas de aproveitamento da energia solar
COLETA E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS	Coleta e destinação de materiais recicláveis Ecopontos Coleta e destinação de: Lixo doméstico Óleo Resíduos de construção civil Baterias e equipamentos eletrônicos Medicamentos vencidos Meios utilizados para o transporte de mercadorias
CONSUMO DE ALIMENTOS ORGÂNICOS	Consumo de alimentos orgânicos Razões para consumir (ou não) alimentos orgânicos
VEGETAÇÃO	Presença de áreas verdes na habitação Razões para cultivar (ou não) plantas
MOBILIDADE URBANA	Meio de transporte utilizado de acordo com a distância Razões que justificam meio de transporte mais utilizado

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2016.

Sendo assim, são mescladas todas as escalas de avaliação (física, comportamental e urbana) propostas pela pesquisa geral, pois ora os hábitos e ações (escala comportamental) questionados relacionam-se à própria unidade residencial (escala física), ora ao entorno imediato e à cidade em que tal unidade se insere (escala urbana). Para facilitar o processo de elaboração do sistema de avaliação proposto, foram indicados ainda os tipos de respostas: dicotômicas (do tipo sim/ não), tricotômicas (do tipo sim/ não/ não sei), de múltipla escolha (possibilidade de escolher mais de uma opção) e com escala de Diferencial Semântico (uso de uma escala de valores). No último caso, usou-se uma escala de valores de 5 pontos para verificar a percepção do usuário (morador) quanto ao atributo em análise. Ademais, indicaram-se quais recursos gráficos (ícones) deveriam ser propostos pela equipe responsável pelo design da interface, bem como os desvios que deveriam ser criados pela equipe da área computacional.
Por fim, foram propostos ainda *feedbacks* aos usuários, que pudessem esclarecer dúvidas quanto aos hábitos questionados, ou mesmo que instigassem mudanças de atitudes por parte dos respondentes ao longo de sua participação no processo de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2. Tabela contendo *feedbacks* sobre atributo “consumo de água”

FEEDBACKS – ATRIBUTO “CONSUMO DE ÁGUA” – QUESTÃO “B”
B) O que você faz para economizar água? - Escovo dentes com torneira fechada (FEEDBACK 1, se usuário não marcar opção) - Uso máquina lavar com capacidade máxima (FEEDBACK 2, se usuário não marcar opção) - Ensaboo louça com torneira fechada (FEEDBACK 1, se usuário não marcar opção) - Reutilizo água da máquina lavar (FEEDBACK 3, se usuário não marcar opção) - Tomo banhos rápidos (5 a 10 minutos) - Possuo aparelhos que economizam água - Outros
FEEDBACK 1: Uma torneira que fica gotejando pode gerar um desperdício de até 1.300 litros de água por mês: esse valor é equivalente ao consumo diário de uma pessoa ao longo de uma semana! Também é importante evitar que a torneira fique aberta enquanto você lava a louça, por exemplo, já que, em 15 minutos, com a torneira parcialmente aberta, é possível gerar um gasto médio de 243 litros de água: valor maior que o consumo diário de uma pessoa! **FEEDBACK 2**: O consumo da máquina de lavar, por ciclo, varia entre 100 e 132 litros (para máquinas com abertura frontal) e entre 98 e 197 litros (para lavadoras com abertura superior), de acordo com o Inmetro. Por isso, relativamente, o consumo é maior quando utilizamos a máquina parcialmente cheia. Assim, a recomendação é sempre usar a lavadora em sua capacidade máxima para se atingir eficiência e economia. **FEEDBACK 3**: Uma máquina de lavar roupas pode gastar até 160 litros de água numa lavagem: esse valor representa o consumo de uma pessoa por dia! Armazenar esta água (em recipiente fechado), para lavar a casa posteriormente ou mesmo para ser reutilizada na própria lavadora, pode gerar uma boa economia (reduzindo as contas mensais e, ao mesmo tempo, evitando o desperdício para as épocas secas).

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2016.

4.3 Sistema de avaliação da qualidade da habitação em meios digitais

O sistema de avaliação proposto foi estruturado de forma a relacionar os diferentes atributos investigados com uma linha de pensamento clara e intuitiva ao usuário, reforçando a amigabilidade da interface e explorando recursos de desvios que apenas o meio digital pode oferecer. Assim, organizou-se a avaliação – dos aspectos funcionais, comportamentais e ambientais – em etapas que partem de informações pessoais até a avaliação propriamente dita da habitação, discriminadas nas abas do sistema em: sobre você; moradia anterior; moradia atual; conjunto; moradia; unidade; hábitos sustentáveis. As três primeiras abas contêm dados gerais sobre os moradores e a moradia (atual e anterior), enquanto a partir da aba “conjunto”, as questões avaliam a unidade residencial e o conjunto/entorno em que se insere. Portanto, além da avaliação do conforto ambiental da unidade, foi criado um bloco exclusivo de questões sobre as ações dos moradores referentes à sustentabilidade.

O *software* do sistema de avaliação foi programado utilizando a linguagem JAVA, enquanto o banco de dados utilizou a tecnologia JAVA/SQL[5] e o aplicativo para o *tablet* e *smartphone* fez uso

[5] Java é uma linguagem de programação orientada a objeto desenvolvida na década de 90 por uma equipe de programadores chefiada por James Gosling, na empresa Sun Microsystems. SQL é sigla inglesa de “*Structured Query Language*” que significa, em Português, Linguagem de Consulta Estruturada, uma linguagem padrão de gerenciamento de dados que interage com os principais bancos de dados baseados no modelo relacional.

da plataforma de programação de jogos CORONA SDK[6]. Quanto à interface, buscou-se através do seu desenho: (i) a concentração do máximo de palavras-chaves possíveis em uma única tela de visualização, relativas aos atributos avaliados em cada questão (visando otimizar o tempo gasto para responder ao questionário); (ii) a utilização de símbolos, cores e imagens animadas representando as variadas palavras-chave; (iii) a utilização de recursos multimídias para animações; e (iv) a disponibilidade de dados e informações variadas sobre os atributos (palavras-chave) avaliados no sentido de posicionar o usuário no contexto da pesquisa.

Figura 1. Alguns dos ícones criados sobre "hábitos sustentáveis"



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Como pode ser observado na Figura 1, foram criados ícones especialmente pensados para esclarecer os atributos de avaliação relativos aos impactos ambientais do morar. O uso de recursos multimídias, por sua vez, pode ser exemplificado na avaliação do conforto ambiental das unidades: para indicar a temperatura, utilizou-se um termômetro, ao passo que, para avaliar a iluminação natural, o ícone de sol. Já a disponibilização de informações aos usuários se deu por meio das telas com os *feedbacks*. Além disso, com o intuito de tornar o sistema de avaliação proposto mais interativo, foi criado um personagem intitulado "Dr. Prancheta" que tem o objetivo de acompanhar o respondente em praticamente toda a avaliação, surgindo de diferentes formas na tela. A paleta cromática adotada, por sua vez, resultou da estrutura proposta para o questionário: a aba "hábitos sustentáveis", por exemplo, recebeu a cor verde, geralmente relacionada à ideia de sustentabilidade (Figura 2).

[6] Corona SDK é um kit de desenvolvimento de software (SDK) criado por Walter Luh, fundador da Corona Labs Inc. Corona SDK permite que os programadores de software para construir aplicativos móveis para iPhone, iPad e dispositivos Android, bem como aplicativos de desktop para Windows e OSX.

Figura 2. Tela do sistema de avaliação sobre o atributo “resíduos”



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Salienta-se que, em fevereiro do corrente ano, foi aplicado um pré-teste do sistema desenvolvido com o intuito de verificar sua viabilidade, com uma amostra de 50 questionários. Essa aplicação, cujos resultados não cabem no escopo do presente artigo, demonstrou boa receptividade da ferramenta e a necessidade de realização de pequenos ajustes.

5. CONCLUSÃO

A proposição de um sistema interativo de avaliação pós-ocupação em meios digitais da qualidade habitacional tem a capacidade de retroalimentar projetos futuros, enfocando diferentes escalas de análise (produto casa, relação comportamental dos usuários com a moradia e inserção da habitação no meio urbano). A atualização de métodos avaliativos já consolidados para aplicação em diferentes tipologias habitacionais, através da adoção e disponibilização em plataforma aberta de uma ferramenta de avaliação digital, avança tecnologicamente no sentido de aproximar o usuário (e suas percepções) do ambiente construído (e dos significados a ele atribuídos), de maneira mais interativa. Espera-se que, assim, seja possível identificar com maior precisão as expectativas e anseios dos moradores – especialmente quanto à qualidade ambiental de sua habitação e quanto ao nível de consciência sobre os impactos de suas ações.

Além disso, o estabelecimento, a partir das informações coletadas pelo sistema, de bancos de dados sobre o morar, contendo informações estatísticas e científicas, poderá ampliar a qualidade ambiental dos projetos na área. O banco de dados configura-se também como um meio de comunicação entre os habitantes e os agentes produtores da habitação (públicos e privados), bem como torna o sistema de avaliação desenvolvido um instrumento de informação e conhecimento para os próprios usuários sobre diferentes aspectos relativos ao morar, incluindo as dimensões socioculturais da sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq, CAPES, FAPEMIG e PROGRAD/DIREN/UFU pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. S. C. Os donos da casa: das políticas de habitação aos significados da moradia. Fortaleza. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará.

BACHELARD, G. [1957] A Poética do Espaço. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

CORDEIRO FILHO, A. Empreendedorismo no mercado imobiliário habitacional. São Paulo: Atlas, 2008.

GRANJA, A. D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G.; FONTANINI, P. S. P.; BARROS, L.; PAOLI, D.; JACOMIT, A. M.; MAÇANS, R. M. R. A natureza do valor desejado na habitação social. Ambiente Construído, 9, p. 87-103, 2009.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K; MOREIRA, D. de C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRÍCIO, M. M. (orgs.) O Processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos; FAPESP, 2011.

KUNZE, N.C.; CONCIANI, W. Ensino, pequisa e extensão: uma relação possível a favor da moradia. In: SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA. Cadernos temáticos. Brasília: Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica, 2004. p. 23-30.

LIMA, A. C. B. R. Habitare e habitus: um ensaio sobre a dimensão ontológica do ato de habitar. Arquitextos, ano 08, dez. 2007. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.091/183>. Acesso em: 05 dez. 2016.

SARAMAGO, R. C. P.; VILLA, S. B.; SILVA, A. C. Análise da qualidade ambiental de edifícios de apartamentos em Uberlândia/MG e Ribeirão Preto/SP. In: XII ENCONTRO NACIONAL E IX ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2015, Campinas. Anais do ENCAC/ELACAC 2015. Campinas: PUC-Campinas; UNICAMP, 2015. p. 1-10. CD-ROM.

STEVENSON, F. Avaliação de um ambiente planejado e a busca pela sustentabilidade ambiental em moradias. O caso do Reino Unido. 2013. In: VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. (Org.) Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p.359-379.

VILLA, S. B.; LEMOS, S. M.; SALUSTIANO, L. R.; RIBEIRO, G. P. N. Inovação tecnológica na avaliação pós-ocupação: ferramentas digitais e interativas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2016, São Paulo. Anais [do] XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: desafios e perspectivas da internacionalização da construção (ENTAC 2016). São Paulo: ANTAC, 2016. v. 1. p. 3439-3452

VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. (Org.) Qualidade ambiental na habitação. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. C. P; GARCIA, L. C. Avaliação pós-ocupação no programa Minha Casa Minha Vida: uma experiência metodológica. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; PROEX, 2015.

VISSCHER, H.; WERF, E. V.; VOORDT, T. J. M. V. Eficiência energética no parque habitacional holandês. 2013. In: VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. (Org.) Qualidade ambiental na habitação. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p.343-358.

VOORDT, T. J. M. V.; WEGEN, H. B.R. Arquitetura sob o olhar do usuário. Programa de necessidades, projeto e avaliação de edificações. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2013.

135. AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS DE VALOR SOCIOAMBIENTAL EM BAIRROS HABITACIONAIS

CONDE, Karla[1](karla.conde@ufes.br); PINA, Silvia*[2](silviaunicamp@gmail.com)
[1] Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
[2] Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O valor do espaço urbano é determinado pelo contexto e pela relação que o usuário tem com esse espaço; com os benefícios e os sacrifícios que ele percebe quando usufrui desse espaço, enquadrado em seus próprios valores. Valores são critérios para julgar o valor, subjetivo ao julgador, com base nos padrões culturais. Assim, o valor se dá em uma perspectiva pessoal, mas também é formado na sociedade a partir de pontos de vista comuns. Considera-se importante buscar meios de quantificar o valor, considerando atributos ou preferências na relação do homem com o seu ambiente construído, a partir da própria visão do indivíduo. Para que ações que visem melhorar a qualidade do espaço urbano em uma comunidade sejam eficazes, é necessário inicialmente diagnosticar os aspectos que atribuem valor a essa comunidade, no julgamento de seus usuários. Esta pesquisa apresenta uma avaliação de 22 atributos de valor socioambiental por 176 usuários de uma área habitacional na cidade de Vitória/ES/Brasil, composta por dois bairros, identificada como de alta qualidade socioambiental pela vivacidade apresentada em seus espaços urbanos ao longo de anos. Para a seleção dos atributos de valor socioambiental urbano, partiu-se dos elementos da forma urbana e características relacionadas que podem propiciar espaços urbanos com maior qualidade socioambiental. Como principal resultado, tem-se uma hierarquia dos atributos de valor desejado. Os atributos relacionados às necessidades básicas do indivíduo, que abrangem condições de sobrevivência, segurança e legibilidade, ocupam as primeiras posições. Houve uma preferência por bairros habitacionais bem servidos por comércio e serviços e com menor densidade populacional, o que consolida o conceito de percepção de valor socioambiental urbano, como o equilíbrio entre o que a comunidade deseja e o que está disposta a abrir mão. Os resultados indicam que valor de uso prevalece sobre o valor econômico.
Palavras-chave: Valor socioambiental urbano; bairros habitacionais; desenho urbano.

EVALUATION OF SOCIO-ENVIRONMENTAL VALUE ATTRIBUTES OF RESIDENTIAL NEIGHBORHOODS

ABSTRACT
The value of the urban space is determined by the context and the relation that the user has with that space; with the benefits and sacrifices he realizes when he enjoys this space, framed in his own values. Values are criteria for judging value, subjective to judgment, based on cultural standards. So the value comes from a personal perspective, but is also formed in society from common points of view. It is considered important to seek ways of quantifying value by considering attributes or preferences in the relation of person to his built environment, based on the individual's own vision. It should be emphasized that the socio-environmental quality is related to the value attributed to urban space by the community. In order for actions that aim to improve the quality of urban space in a community to be effective, it is necessary to initially diagnose the aspects that value the community in question, in the judgment of its users. This research presents an evaluation

of 22 attributes of socio-environmental value by 176 users of a residential area in the city of Vitória/ES/Brazil, composed of two neighborhoods, identified as displaying a high socio-environmental urban quality and maintaining the livability of their urban spaces over the years. For the selection of attributes of urban socio-environmental value, the authors started with the elements of the urban form and related characteristics that can provide urban spaces with higher socio-environmental quality. As the main result, the authors identify a hierarchy of the desired value attributes. The attributes related to the basic needs of the individual, which cover conditions of survival, safety and legibility, occupy the first positions. There was a preference for residential neighborhoods well served by commerce and services and with lower population density, which consolidates the concept of perception of urban socio-environmental value, such as the balance between what the community wants and what it is willing to give up. The results indicate that use value prevails over economic value.
Keywords: Socio-environmental value; residential neighborhoods; urban design.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade ambiental urbana está relacionada a aspectos sociais, ambientais e econômicos que são valorizados pela comunidade. Os aspectos sociais abrangem saúde pública; segurança; educação e integração social; igualdade e respeito à diversidade e identidade cultural; acessibilidade para pessoas com necessidades especiais; preservação de bairros e edifícios históricos e culturais; habitação e serviços locais, a fim de atender à diversidade de necessidades e expectativas. Os aspectos ambientais estão relacionados à preservação das paisagens locais e do ambiente físico e seus recursos. Já os aspectos econômicos são os que sustentam a economia local (DIN et al., 2013).

É considerado também que determinados aspectos podem ser mais relevantes em determinada escala espacial. Por exemplo, os dados econômicos podem ser mais relevantes na escala cidade ou região, enquanto os aspectos de limpeza, segurança e espaços abertos tendem a ser mais relevantes na escala bairro.

Um ambiente urbano que propicie melhor qualidade de vida e alcance níveis mais elevados de sustentabilidade corresponde a um julgamento de valor da comunidade. Ou seja, assim como o desenvolvimento sustentável, o julgamento de valor abrange aspectos sociais, ambientais e econômicos (McINDOE et al., 2005).

O valor do espaço urbano é determinado pelo contexto e pela relação que o usuário tem com esse espaço; com os benefícios e os sacrifícios que ele percebe quando usufrui desse espaço, enquadrado em seus próprios valores. Ou seja, valor é a relação entre benefícios, ou o que se recebe, e sacrifícios, que pode ser interpretado como aquilo que se abre mão. Valores são critérios para julgar o valor, subjetivo ao julgador, com base nos padrões culturais. O valor atribuído pelos usuários a um determinado espaço urbano provém de um julgamento subjetivo, formado por pontos de vistas comuns naquela comunidade (THOMSON et al., 2003). Logo, em uma determinada comunidade, a atribuição do valor socioambiental urbano refletirá as prioridades locais e os pontos de vista de pessoas locais, sendo importante identificá-lo, pois medidas que possam contribuir para espaços urbanos com maior valor socioambiental podem estar mais relacionadas a um determinado aspecto. Portanto, para que ações que visem melhorar a qualidade do espaço urbano em uma comunidade sejam eficazes, é necessário inicialmente diagnosticar os aspectos que atribuem valor à comunidade em questão, no julgamento de seus usuários (TU; LIN, 2008; DE PAOLI, 2014).

Esta pesquisa teve como objetivo selecionar atributos de valor socioambiental e identificar o valor socioambiental desejado na percepção de usuários de uma área habitacional na cidade de

Vitória/ES/Brasil. A seleção dos atributos de valor socioambiental urbano foi fundamentada em pesquisas no âmbito do desenho urbano sobre desenvolvimento urbano sustentável, cidades inteligentes, qualidade de vida urbana, qualidade socioambiental urbana e valor socioambiental urbano propriamente dito.

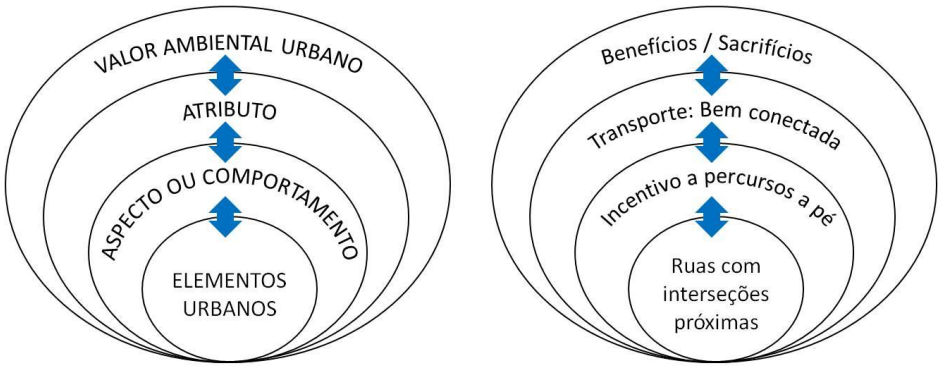
2. SELEÇÃO DE ATRIBUTOS DE VALOR SOCIOAMBIENTAL URBANO

O desenho urbano e a relações que são criadas ao se associarem a aspectos de valor de quem usa um determinado lugar podem ser instrumento para promover e incentivar lugares com maior qualidade socioambiental, promovendo vivacidade dos espaços urbanos e uma melhor qualidade de vida a seus usuários (CARMONA et al., 2003).

O desenho urbano pode apresentar características que atribuem qualidade ao ambiente urbano, que são: caráter, identidade e pertencimento; privacidade; acessibilidade, permeabilidade e mobilidade; legibilidade e diversidade. Tais características se inter-relacionam e exercem influência umas sobre as outras, potencializando-as (DETR; CABE, 2000).

Um determinado elemento da forma urbana pode direcionar a um determinado aspecto ou comportamento, que contemple um determinado atributo de valor, como ilustrado e exemplificado na Figura 1. Ressalta-se a interação dos vários elementos do desenho urbano e a capacidade de influenciar e reforçar um ao outro para propiciar uma maior qualidade socioambiental.

Figura 1. Inter-relações de elementos urbanos e percepções de valor.



Fonte: a partir de McINDOE et al., 2005; JENKS; JONES, 2010.

Dessa maneira, para a seleção de atributos de valor socioambiental urbano, partiu-se dos elementos da forma urbana, apresentados por Dempsey et al. (2010), correlacionando-os com os aspectos relacionados aos objetivos do desenho urbano apresentados por diversos autores (Tabela 1).

Tabela 1. Elementos da forma urbana e aspectos relacionados aos objetivos do desenho urbano.

ELEMENTOS DA FORMA URBANA		ASPECTOS RELACIONADOS AOS OBJETIVOS DO DESENHO URBANO	
	Uso da terra	Preservação da paisagem, adaptação à topografia e à vegetação.	CARMONA, 2002; *Smart Growth Network*, 2002; McINDOE *et al.,* 2005
		Sentimento de tranquilidade.	GOMES, 2011
		Sentido de lugar.	LYNCH, 1960/2011; JORGENSEN; STEDMAN, 2006; BROWN; RAYMOND, 2007; SOINI *et al.,* 2012
		Preservação de edificações que representem a identidade cultural local.	UN HABITAT, 1996; SOINI *et al.,* 2012
		Valorização econômica e facilidade de revenda.	CARMONA, 2002; McINDOE *et al.,* 2005
		Diversidade de comércio, serviços e comodidades.	JACOBS, 1961/2011; EWING; HODDER, 1998; *Smart Growth Network*, 2002; COELHO, 2012a; LEITE; AWAD, 2012
		Desenho urbano que elimine situações propícias de atos criminosos.	JACOBS, 1961/2011; ZELINKA, BRENNAN, 2001
		Uso intensivo do solo.	JENKS; JONES, 2010; LEITE; AWAD, 2012
	Traçado urbano	Referências visuais, facilidade de localização e locomoção, sinalização.	LYNCH, 1960
		Desenho urbano inclusivo, que atenda a diferentes grupos de pessoas: necessidades especiais, idosos, crianças, etc.	CARMONA, 2002; COELHO, 2005
		Espaços públicos, semi públicos, de transição e calçadas agradáveis ao uso.	JACOBS, 1961/2011; EWING; HODDER, 1998; ZELINKA, BRENNAN, 2001; *Smart Growth Network*, 2002; COELHO, 2009; LOBO, 2013
		Delimitação do espaço público, semi público e privado.	ZELINKA, BRENNAN, 2001; COELHO, 2009
		Conexão e integração, tanto visual quanto física, com o entorno e a malha urbana existente.	LYNCH, 1960/2011; BENTLEY *et al*., 1985;JENKS; JONES, 2010
	Infraestrutura e conexões de Transporte	Prioridade aos pedestres, ciclistas e transportes públicos, com o objetivo de reduzir a dependência do automóvel. Preservação de recursos naturais não renováveis.	BENTLEY *et al*., 1985; UN HABITAT, 1996; EWING; HODDER, 1998; *Smart Growth Network*, 2002; McINDOE *et al.,* 2005; THOMAS, 2006
		Área inserida no contexto urbano da cidade, garantindo o acesso a serviços e demais comodidades de outras partes da cidade.	LYNCH, 1960/2011
		Acesso a serviços de infraestrutura.	WALL; WATERMAN, 2009/2012; JENKS; JONES, 2010
	Densidade	Maiores densidades de usos e pessoas.	CARMONA, 2002; McINDOE *et al.,* 2005; JENKS; JONES, 2010; LEITE; AWAD, 2012
	Tipologia	Espaços que absorvam diferentes. possibilidades de usos. Diversidade de tipologias construtivas.	*Smart Growth Network*, 2002; COELHO, 2005

Fonte: CONDE, 2015.

Os aspectos se relacionam a atributos de valor que, por sua vez, estão relacionados a categorias de valor socioambiental urbano (McINDOE et al., 2005). Na Tabela 2 estão elencados os atributos de valor utilizados nesta pesquisa e as categorias de valor aos quais estão relacionados. Cabe

ressaltar que um atributo de valor pode não se restringir a uma única categoria de valor, uma vez que estas se inter-relacionam e se influenciam, não existindo uma delimitação precisa entre elas.

Tabela 2. Atributos de valor utilizados na identificação de valor na área habitacional em estudo.

ASPECTOS RELACIONADOS AOS OBJETIVOS DO DESENHO URBANO	ATRIBUTOS DE VALOR	CATEGORIAS DE VALOR
Preservação da paisagem, adaptação à topografia e à vegetação	PRESERVAÇÃO DA PAISAGEM NATURAL	Ambiental
	ÁREAS VERDES E JARDINS	Ambiental
	PRAÇAS E EQUIPAMENTOS DE LAZER PARA DIFERENTES IDADES	Sociocultural
Sentimento de tranquilidade	SENTIMENTO DE TRANQUILIDADE	Sociocultural
Sentido de lugar	SE SENTIR PARTE DO BAIRRO	Sociocultural
Preservação de edificações que representem a identidade cultural local	PRESERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICO/CULTURAIS	Sociocultural
Valorização econômica e facilidade de revenda	IMÓVEIS COM VALORIZAÇÃO E FACILIDADE DE REVENDA	Econômico
Diversidade de comércio, serviços e comodidades	VARIEDADE DE COMÉRCIO, SERVIÇOS E COMODIDADES	Econômico
Desenho urbano que elimine situações propícias de atos criminosos	SENSAÇÃO DE SEGURANÇA	Sociocultural
Uso intensivo do solo	ALTA DENSIDADE POPULACIONAL	Econômico
Referências visuais, facilidade de localização e locomoção, sinalização	FACILIDADE DE LOCALIZAR-SE E MOVER-SE	Sociocultural
Desenho urbano inclusivo, que atenda a diferentes grupos de pessoas: necessidades especiais, idosos, crianças, etc.	ACESSIBILIDADE - DESENHO URBANO QUE PERMITA INCLUSÃO	Sociocultural
Espaços públicos, semi públicos, de transição e calçadas agradáveis ao uso	LUGARES DE ENCONTRO E LAZER	Sociocultural
	CALÇADAS AGRADÁVEIS AO USO	Sociocultural
Delimitação do espaço público, semi público e privado	PRIVACIDADE	Sociocultural
Conexão e integração, tanto visual quanto física, com o entorno e a malha urbana existente	POSSIBILIDADES DE DIFERENTES PERCURSOS	Sociocultural
Prioridade aos pedestres, ciclistas e transportes públicos, com o objetivo de reduzir a dependência do automóvel. Preservação de recursos naturais não renováveis	MAIS OPÇÕES DE TRANSPORTE	Ambiental
	AMBIENTE LIVRE DE POLUIÇÃO	Ambiental
Área inserida no contexto urbano da cidade, garantindo o acesso a serviços e demais comodidades de outras partes da cidade	ACESSO A OUTRAS PARTES DA CIDADE	Econômico
Acesso a serviços de infraestrutura	SERVIÇOS DE INFRAESTRUTURA: ÁGUA, ELETRICIDADE, GÁS E ESGOTO	Ambiental
Maiores densidades de usos e pessoas	RUAS COM GRANDE MOVIMENTO DE PESSOAS	Econômico
	RUAS TRANQUILAS COM TRÂNSITO CALMO	Sociocultural
Espaços que absorvam diferentes possibilidades de usos. Diversidade de tipologias construtivas	DIVERSIDADE DE TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS	Econômico

Fonte: CONDE, 2015.

3. IDENTIFICAÇÃO DE ATRIBUTOS DE VALOR SOCIOAMBIENTAL URBANO

Para identificação do valor socioambiental urbano em bairros habitacionais, foi selecionada uma área habitacional na cidade de Vitória/ES/Brasil, compreendida pelos bairros Jardim da Penha e Mata da Praia (Figura 2), identificada como de alta qualidade socioambiental pela vivacidade

apresentada em seus espaços urbanos ao longo de anos. O objetivo da pesquisa foi identificar o perfil dos moradores e/ou usuários quanto a sua definição do que vem a ser um bairro ideal para se morar, ou seja, qual o valor desejado. Os bairros em estudo possuem 41.165 habitantes com uma população de classe média e média alta. A amostra foi composta por 176 entrevistados.

Figura 2. Área habitacional em estudo. À esquerda o bairro Mata da Praia e à direita o bairro Jardim da Penha.



Fonte: http://www.leonelalbuquerque.com.br/leonelalbuquerque_new/cgi-bin/principal.asp. Acesso em Julho 2014.

Para identificação dos atributos de valor desejado pelos moradores e/ou usuários não moradores da área habitacional em estudo, foi perguntado: "Você considera importante este aspecto em um bairro ideal para morar?". Para cada atributo de valor, resposta "Sim" ou "Não". Os percentuais de respostas positivas e negativas permitiram identificar quais atributos de valor são mais desejados pelos respondentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação dos atributos de valor desejado possibilita estabelecer uma hierarquia dos aspectos que a comunidade considera mais importantes em um bairro ideal para morar. A percepção de valor desejado na área habitacional em estudo está apresentada na Figura 3.

Na hierarquia dos atributos de valor desejado, o atributo "Serviços de infraestrutura: água, energia, gás e esgoto" foi considerado importante por 100% dos entrevistados. Esse atributo está relacionado às necessidades básicas do indivíduo no que se refere a condições de sobrevivência.

Em segundo lugar na hierarquia de valor estão os atributos: "Sensação de segurança"; "Facilidade de localizar-se e mover-se" e "Lugares de encontro e lazer", também considerados necessidades humanas básicas por Michael Benedikt[7] (2008), uma vez que se referem à segurança propriamente dita, à orientação e ao conforto de não se sentir perdido, à legitimidade, à

[7] Michael Benedikt (2008) apresenta seis necessidades do indivíduo que podem agregar valor à arquitetura, que são: sobrevivência, segurança, legitimidade, aprovação, confiança e liberdade, hierarquizadas em ordem de importância, onde as três primeiras são as necessidades básicas das pessoas e as seguintes são necessidades mais elevadas.

identificação e à sensação de pertencimento potencializada em locais onde ocorre interação social.

Figura 3. Percepção de valor desejado na área habitacional em estudo.



Legenda: Porcentagem de respondentes que consideraram o respectivo atributo de valor importante em um bairro ideal para morar

Em sequência hierárquica, mas não menos significativos, uma vez que, também se encontram com percentual acima de 90%, estão atributos que contribuem ao atendimento de necessidades mais elevadas dos indivíduos, sendo: “Variedade de comércio, serviços e comodidades”; “Sentimento de tranquilidade”; “Calçadas agradáveis ao uso”; “Ambiente livre de poluição”; “/Áreas verdes e jardins”; “Privacidade”; “Praças e equipamentos de lazer para diferentes idades”; “Acessibilidade” e “Acesso a outras partes da cidade”. No intervalo de 90% a 80%, encontram-se os atributos: “Preservação da paisagem natural”; “Ruas tranquilas com trânsito calmo”; “Mais opções de transporte”; “Possibilidades de diferentes percursos” e “Imóveis com valorização e facilidade de revenda”.

Destaca-se que, embora a pesquisa tenha sido realizada em área habitacional com elevada valorização imobiliária, o atributo “Imóveis com valorização e facilidade de revenda” ocupa a 18ª posição em um total de 22 atributos, o que indica que o valor de uso prevalece sobre o valor econômico, como afirma McIndoe et al. (2005).
Na sequência hierárquica, no intervalo de 80% a 70% situam-se os atributos: “Se sentir parte do bairro” e “Preservação de edificações histórico/culturais”, onde vale observar que o primeiro não atingiu um percentual tão expressivo quanto o atributo a esse correlacionado que compreende o “Sentimento de tranquilidade”. Quanto à posição hierárquica do atributo “Preservação de edificações histórico/culturais” deve-se não perder enfoque na pergunta dirigida ao entrevistado: “Você considera importante este aspecto em um bairro ideal para morar?”, o que não exclui a importância deste atributo quando pensado em outra escala, como por exemplo, a cidade. Em geral, os atributos de valor selecionados com base na literatura obtiveram percentuais significativos na percepção de valor desejado pelos usuários da área habitacional em estudo. Os atributos que obtiveram os menores percentuais foram: “Diversidade de tipologias construtivas”, com 54,0%, e “Ruas com grande movimento de pessoas”, com 44,3%. Este último pode indicar uma preferência por bairros habitacionais com menor densidade populacional, assim como, estar relacionado ao alto percentual de importância para o atributo “Sentimento de tranquilidade”. Por outro lado, há um contraponto entre menores densidades populacionais e a viabilidade econômica para a implantação e manutenção de uma “variedade de comércio, serviços e comodidades” de um local, atributo muito valorizado pelos entrevistados. Dessa maneira, a percepção de valor em um bairro habitacional é um equilíbrio entre o que a comunidade deseja e o que está disposta a abrir mão, o que confirma o conceito de valor apresentado por Thomson et al. (2003).

5. CONCLUSÃO

A seleção de atributos de valor socioambiental urbano teve como base os elementos da forma urbana definidos por Dempsey et al. (2010), correlacionando-os com os aspectos vinculados aos objetivos do desenho urbano levantados na fundamentação teórica conceitual. A partir da seleção dos atributos de valor socioambiental urbano, os usuários da área habitacional em estudo foram questionados sobre a importância de cada atributo em um bairro ideal para morar. A recorrência das respostas afirmativas para cada atributo possibilitou identificar uma hierarquia de atributos do valor desejado que corresponde à percepção de usuários da área estudada.
A hierarquia de atributos de valor mescla necessidades básicas, como “sobrevivência”, “segurança” e “legitimidade”, e necessidades mais elevadas, como “aprovação”, “confiança” e “liberdade”. Assim como podem ser desejadas necessidades mais elevadas sem o atendimento pleno a algumas necessidades básicas. Verifica-se que alcançados os aspectos que envolvem as condições de sobrevivência, os atributos relacionados ao sentido de lugar são os que mais agregam valor socioambiental no julgamento dos entrevistados, o que indica que se deve buscar inserir elementos do desenho urbano que propiciem a percepção do sentido de lugar em bairros habitacionais, relacionado a pertencimento e identidade. Outro aspecto que se confirma na análise da hierarquia do valor desejado é que o valor relacionado ao uso prevalece ao valor econômico, pois o atributo “imóveis com valorização e facilidade de revenda” ocupa a 18ª posição na escala hierárquica em um total de 22 atributos.
O reconhecimento dos atributos de valor socioambiental desejado consolida o conceito de percepção de valor socioambiental urbano, como o equilíbrio entre o que a comunidade deseja e o que está disposta a abrir mão. A exemplificação do conceito de percepção de valor socioambiental urbano está no fato dos usuários entrevistados manifestarem preferência por bairros habitacionais com menor densidade populacional, entretanto, dotados de uma variedade de comércio, serviços

e comodidades, característica esta que necessita de público para que estas atividades se viabilizem. Assim, busca-se o equilíbrio entre as características do lugar, as expectativas da comunidade e concessões que essa está disposta a fazer. Por meio desse exemplo, afirma-se que é interessante prover em bairros habitacionais distintas hierarquias de atividades no espaço público, onde coexistam trechos mais movimentados e outros de maior tranquilidade.
Ressalta-se que a identificação da hierarquia de atributos de valor socioambiental pode contribuir para orientar futuros projetos onde a permanência e melhoria da qualidade socioambiental urbana seja prioridade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEDIKT, M. L. Human needs and how Architecture addresses them. Austin, TX, USA: University of Texas Press, 2008. 17 p.

CARMONA, M.; HEATH, T.; OC, T.; TIESDELL,S. Public places urban spaces – The dimensions of urban design. Oxford: Architectural Press, 2003. 312 p.

CONDE, K. M. Dimensões urbanas e percepção de valor socioambiental em bairros habitacionais: o caso de Vitória-ES. 2015. Campinas, 230 p., 2015. Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

DE PAOLI, D. O valor do desenho urbano na construção de bairros habitacionais e comunidades. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2014. 249 p.

DEMPSEY, N., BROWN, C., RAMAN, S., PORTA, S., JENKS, M., JONES, C., BRAMLEY, G.

Elements of urban form. p. 21-51. In: JENKS; JONES. Dimensions of the sustainable city. Future city. V. 2. United Kingdom: Springer, 2010.

DETR; CABE. The value of urban design. Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR); Commission for Architecture and the Built Environment (CABE). Great Britain, 2000. 111 p.

DIN, H. S., SHALABY, A., FAROUH, H. E., ELARIANE S. A. Principles of urban quality of life for a neighborhood. Housing and Building National Research Center. n. 09. 2013. p. 86-92.

McINDOE, G R., CHAPMAN, R B., McDONALD, C M., HOLDEN, G A., HOWDEN-CHAPMAN, P., BRAY SHARPIN, A R. The value of urban design: the economic, environmental and social benefits of urban design. Ministry for the Environment. Wellington, New Zealand. June, 2005. 85 p.

THOMSON, D. S. et al. Managing Value and quality in design, Building Research & Information. V. 31, n. 5, p. 334-345, 2003.

TU, K.; LIN, L. Evaluative structure of perceived residential environment quality in high-density and mixed-use urban settings: An exploratory study on Taipei City. Landscape and Urban Planning. n. 87. p. 157-171, 2008.

138. ACVCO$_2$ DE VEDAÇÕES VERTICAIS: UM ESTUDO DE CASO DE PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADO *IN LOCO*

BRAGA, Núbia[*1](nubia.braga@gmail.com); LIRA, Júlia[2] (juliasanttiago@gmail.com); SPOSTO, Rosa[3](rmsposto@unb.br)*
[1]Universidade de Brasília (UnB), Brasil
[2]Universidade de Brasília (UnB), Brasil
[3]Universidade de Brasília (UnB), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Com o aumento nos investimentos para habitações populares no Brasil, surgiu a necessidade de maior utilização de sistemas construtivos racionalizados para tornar o processo de execução mais rápido e eficiente. Para o uso destes sistemas, porém, devido principalmente ao seu caráter inovador, observou-se a necessidade de sua avaliação em relação aos critérios da norma de desempenho (ABNT NBR 15575:2013); outros critérios também surgem como importantes na busca da sustentabilidade ambiental, tais como o consumo de energia e as emissões de CO_2, que vêm sendo amplamente discutidos em fóruns nacionais e internacionais. O sistema de paredes de concreto armado moldado *in loco* tem sido utilizado em várias cidades, incluindo Brasília-DF, e atualmente é normatizado no Brasil (ABNT NBR 16055:2012). Este trabalho tem como objetivo a avaliação do ciclo de vida de emissão de CO_2 (ACVCO$_2$) da vedação em concreto armado moldado *in loco* considerando as fases do berço ao túmulo, e se enquadra no tema "Habitação social urbana e rural: tecnologias e culturas construtivas". Foram estudados diferentes cenários com a utilização de fôrmas metálicas, de madeira e mistas, comparativamente à alvenaria convencional. A metodologia consistiu em quantificar as emissões de CO_2, por meio da coleta de dados com análise híbrida nas fases de pré-uso, uso e operação e desconstrução; foi utilizado o software *Design Builder* para a fase de uso. Os resultados apontaram que a parede de concreto com fôrmas de alumínio apresentou um grande percentual de emissão de CO_2 se não for contabilizado o seu aproveitamento, porém, a partir da sua consideração, se torna mais vantajosa que as demais. Estes resultados podem subsidiar especificações de projetos de habitação mais sustentáveis, além de auxiliar na formação de bancos de dados de indicadores de sustentabilidade, tais como aquecimento global (CO_2eq), consumo de matéria-prima e energia renovável e não-renovável, entre outros.
Palavras-chave: Sustentabilidade, ACVCO$_2$, Paredes de concreto, Fôrmas, Habitação de interesse social.

ACVCO$_2$ OF VERTICAL WALLS: A CASE STUDY OF REINFORCED CONCRETE WALL MOLDED IN LOCO

ABSTRACT
With the increase in investments for popular housing in Brazil, the need for more use of rationalized construction systems appeared that made the execution process faster and more efficient. The evaluation of the sustainability of these systems began mainly from the validity of the performance standard (ABNT NBR 15575: 2013), and aspects such as energy consumption and CO_2 emission have been widely discussed in national and international forums. The system of reinforced concrete walls molded in loco has been used in several cities, including Brasília-DF, and

is currently standardized in Brazil (ABNT NBR 16055: 2012). The objective of this work is evaluate the CO_2 emission life cycle ($ACVCO_2$) of the wall in reinforced concrete molded in loco considering the phases cradle to grave, and is included in the theme "Urban and rural social housing: constructive technologies and cultures ". Different scenarios were studied with the use of metallic, plastic and mixed forms, compared to conventional masonry. The methodology consisted in quantifying the CO_2 emissions, through the data collection with hybrid analysis in the phases of pre-use, use and operation and deconstruction; Design Builder software was used for the use phase. The results showed that the concrete wall with aluminum forms presented a large percentage of CO_2 emission if its reuse was not accounted for, but, from its consideration, it becomes more advantageous than the others. These results can support specifications of more sustainable housing projects, as well as assist in the formation of databases of sustainability indicators, such as global warming ($CO_{2\text{-eq}}$), raw material consumption and renewable and non-renewable energy, among others.
Keywords: Sustentability; $LCCO_2A$; Concrete walls; Formwork; Social interest habitation.

1. INTRODUÇÃO

Diante dos problemas enfrentados com o déficit habitacional no Brasil, é crescente o investimento em programas de construção de habitações de interesse social (HIS), como o programa “Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV). Devido à larga escala das construções, com grandes conjuntos habitacionais, surgiu a necessidade de se utilizar sistemas com maior grau de industrialização ou sistemas racionalizados, a fim de elevar a produtividade e reduzir os custos.

Entre os sistemas construtivos adotados no Brasil para HIS, além dos convencionais constituídos por estrutura de concreto armado e vedação de blocos cerâmicos, têm-se os sistemas de alvenaria estrutural de blocos de concreto ou cerâmicos, que são normatizados. Entretanto, muitos outros sistemas inovadores utilizados ainda não possuem norma técnica. Na última década, foi criado um programa com o intuito de avaliar o desempenho destes sistemas, denominado por Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), e gerenciado pelo Ministério das Cidades, no âmbito do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-h. O primeiro sistema avaliado a partir da implantação do SINAT em 2007 foi o de paredes de concreto moldado *in loco*, que teve sua norma publicada em 2012, a ABNT NBR 16055.

A construção civil e a produção de edificações, tais como a HIS, acarreta impactos ambientais significativos, devido ao grande consumo de recursos e a geração de resíduos e emissões nocivas para o meio ambiente. A indústria de fabricação do cimento, por exemplo, consome elevadas quantidades de energia e possui grande participação nas emissões de carbono, devido aos processos de queima e calcinação (SHEN, 2015).

O consumo de energia acarreta graves impactos ambientais, principalmente porque a maior parte da energia é gerada por meio de combustíveis fósseis, resultando em grande quantidade de emissões de CO_2, por exemplo. Portanto, uma redução global do consumo de energia no setor da construção é uma meta importante na maioria dos locais (PAULSEN; SPOSTO, 2012), mesmo no Brasil, onde se tem uma matriz energética mais limpa: as fontes renováveis representam 75,5% da oferta interna de eletricidade no Brasil (BRASIL, 2016).

Uma forma de avaliar o desempenho ambiental total de uma edificação e de quantificar os seus impactos é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que conforme a ABNT NBR 14040 (2009) é um método no qual um produto ou processo é avaliado em todo o seu ciclo de vida: extração de matérias-primas, etapa de produção, fase de utilização, manutenção, e eliminação de resíduos. Neste sentido, têm-se duas vertentes importantes: a Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE), onde é realizado um inventário da energia ao longo de todas as fases do ciclo de vida

(PAULSEN; SPOSTO, 2012), e a Avaliação do Ciclo de Vida de Emissões de CO_2 ($ACVCO_2$), como um meio para quantificar o impacto total decorrente das emissões de CO_2. Na $ACVCO_2$ são consideradas as principais saídas de emissões de carbono de um material, componente, sistema ou edificação ao longo de diferentes fases do seu ciclo de vida (ATMACA et al. 2015).
Já existem estudos referentes à energia incorporada de habitações, porém o assunto ainda não está totalmente consolidado, havendo a necessidade de desenvolver mais pesquisas nesta área, com foco em HIS, uso de energia e emissões em todas as fases do ciclo de vida. Em relação às emissões de gases de efeito estufa (GEE), são poucos os trabalhos que avaliam esse impacto ao longo do ciclo de vida, já que existem muitas dificuldades devido a grande quantidade de variáveis e a deficiência em dados de inventário nacionais. Considerando a necessidade de investimentos para o PMCMV, e a possível contribuição de emissões de CO_2 na sua produção, carbono, é importante analisar o impacto ambiental a fim de se obter uma visão acerca do desempenho ambiental que leve a disponibilização de informações para uma melhoria nas tomadas de decisão, no que tange ao planejamento estratégico e escolha de sistemas construtivos e materiais.

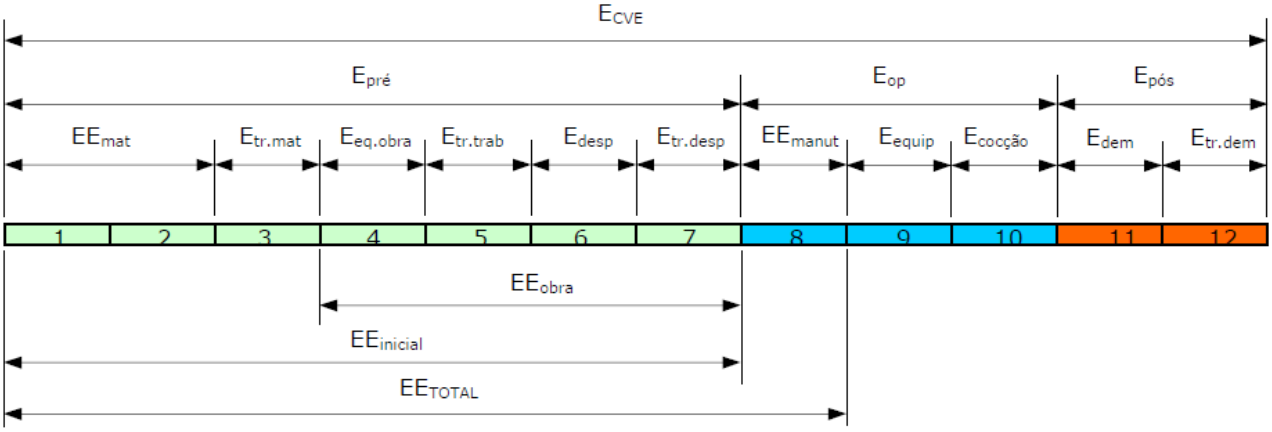
2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo a avaliação do ciclo de vida de emissão de CO_2 ($ACVCO_2$) da vedação com função estrutural de concreto armado (paredes de concreto) moldado *in loco* desde o berço até o túmulo, para a cidade de Brasília - DF, comparando três tipos de fôrmas: de alumínio, plástica e metálica com compensado plastificado, levando em consideração o fator reutilização. Além disso, será feita uma comparação com o sistema de vedação convencional de blocos cerâmicos.
Como objetivos específicos têm-se: (a) verificar as emissões provenientes de cada fase do ciclo de vida; (b) identificar qual tipo de fôrma é mais viável do ponto de vista das emissões; (c) verificar as diferenças de impacto em cada um dos sistemas escolhidos.

3. EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) E $ACVCO_2$

Em 2016, foi realizada a 22ª Conferência das Partes sobre Mudança do Clima (COP-22), cujo foco foi a definição dos meios e regras para a implementação das obrigações assumidas com o Acordo de Paris na COP-21 (SARNEY FILHO; MARCONDES, 2016). A COP-21, realizada em 2015 foi um marco mundial acerca de discussões sobre redução das emissões de carbono pelos países e contenção do processo de aquecimento global.
Em 2009, com a publicação da Lei nº 12.187, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, o Brasil adotou como compromisso nacional voluntário, realizar ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, a fim de reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões projetadas até 2020. Todos os setores devem contribuir com essas ações, inclusive a indústria da construção civil. Dessa forma, o aspecto de sustentabilidade tem tido cada vez mais importância na elaboração de projetos e escolha de materiais e técnicas construtivas.
Nesse contexto, uma importante ferramenta que permite avaliar as emissões de CO_2 ao longo de todo o ciclo de vida de uma edificação, é a $ACVCO_2$. De acordo com Chau *et al*. (2015), os estudos sobre emissões de CO_2 são mais recentes, quando comparados com os estudos de ACVE. Por essa razão, não há uma padronização acerca das nomenclaturas de cada etapa das fases do ciclo de vida, e a falta de detalhamento sobre o que de fato é avaliado em cada avaliação dificulta o desenvolvimento de estudos sobre o tema. Na Figura 1 apresenta-se um exemplo de fases e etapas do ciclo de vida energético proposto por Tavares (2006). As etapas adotadas nesse trabalho estão descritas no item 5 “Método de Pesquisa”.

Figura 1. Fases e etapas do ciclo de vida energético



Fonte: Tavares (2006)

4. SISTEMA DE PAREDE DE CONCRETO MOLDADO *IN LOCO*

Segundo a ABNT NBR 16055 (2012), parede de concreto é um "elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede". Nesse sistema, as funções estruturais e de vedação são desempenhadas por um único elemento.

Todas as paredes de cada ciclo construtivo são moldadas em uma única etapa de concretagem, monoliticamente, de modo que após a desforma apresentem vãos para portas e janelas, podendo ter embutidos os sistemas de instalações prediais, ou serem construídos *shafts* para sua disposição. Basicamente, o sistema de parede de concreto é composto por um jogo de fôrmas, armaduras centralizadas (telas soldadas e barras) e concreto.

O sistema de fôrmas tem como função moldar o concreto fresco, e necessita de projeto específico. É possível encontrar no mercado alguns tipos de tecnologias de fôrmas, sendo as principais as de alumínio, de plástico, e as mistas de madeira compensada com estrutura metálica. As fôrmas de alumínio são as mais utilizadas principalmente devido à alta produtividade e a maior capacidade de reutilização. Elas permitem uma boa qualidade superficial do concreto, entretanto são as que apresentam maior custo (NAKAMURA, 2014).

5. MÉTODO DE PESQUISA

Para a quantificação dos impactos por emissão de CO_2 foi realizado um recorte da avaliação do ciclo de vida (ACV), a ACVCO_2, aplicada a sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE) de uma HIS, do berço ao túmulo, tendo como função a vedação vertical e como unidade funcional o metro quadrado (m²) de área de parede.

Foi adotado um projeto de HIS com área de 45,64 m², conforme conjunto de especificações mínimas da CAIXA (2011), principal instituição financeira do programa MCMV. O projeto foi escolhido por se tratar de uma edificação unifamiliar representativa para o cenário de HIS no Brasil. Foi definida uma vida útil de 50 anos.

A edificação é composta por dois quartos, uma sala, uma cozinha, um banheiro e uma pequena área de serviço na parte externa, e possui 5 janelas, 2 portas externas e 3 portas internas. O

mesmo projeto foi utilizado por Pedroso (2015) para o levantamento da energia incorporada de sistemas de parede de concreto e outros sistemas de vedação vertical (SVV).

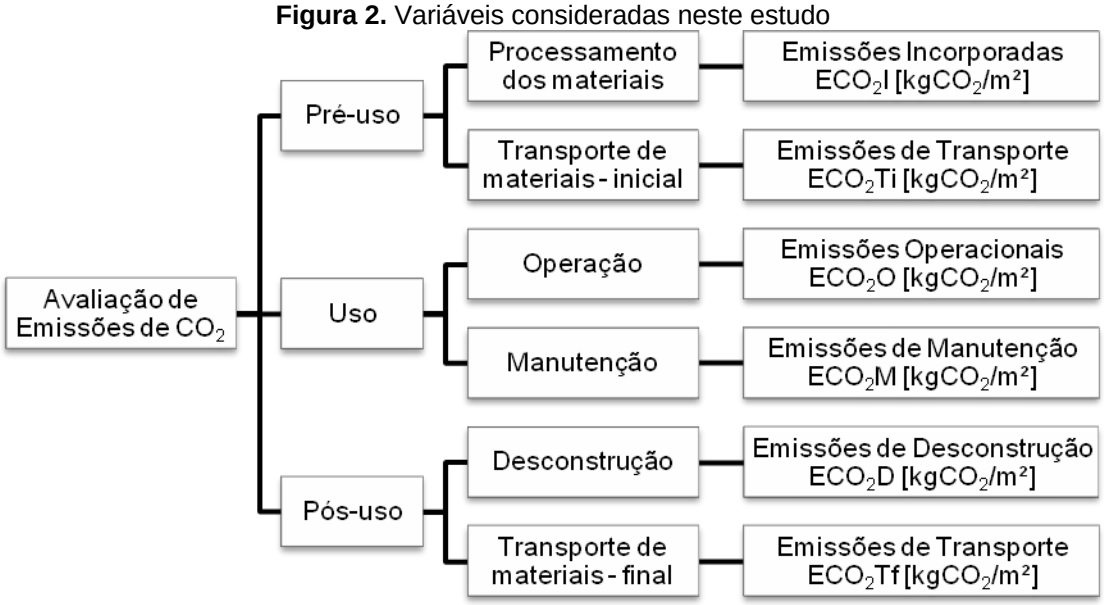
Como local para o estudo, escolheu-se a cidade de Brasília, localizada no Distrito Federal, para subsidiar o levantamento de distâncias de transporte nas fases de pré-uso e pós-uso, e de fornecer parâmetros a respeito das condições climáticas para as simulações da fase de uso. O local hipotético de construção da habitação é o bloco SG-12, na Universidade de Brasília.
Conforme a ABNT NBR 15220-3 (2005), Brasília está inserida na zona bioclimática 4 (ZB4). Para atender aos requisitos de desempenho térmico constantes na norma ABNT NBR 15575-4 (2013), para a zona bioclimática em questão, os SVV devem apresentar transmitância térmica (U) menor ou igual 3,7 W/m².K e capacidade térmica (CT) superior a 130 kJ/m².K, considerando que a superfície apresente cores claras ou médias (com absortância inferior a 0,6). Para o sistema de paredes de concreto (PC), foi fixada uma espessura de 17,5 cm devido aos requisitos de desempenho térmico, apesar da recorrência no uso de paredes com 10 cm na região de Brasília. No sistema de vedação convencional (VC), foi adotada uma espessura final com revestimento de 15 cm. Os dados referentes a U e CT dos sistemas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) dos sistemas VC e PC

Sistema	Espessura	U (W/m².K)	CT (kJ/m².K)
PC	17,5	3,7	420
VC	15	2,38	158

Assim, o sistema PC terá 17,5 cm de espessura contendo concreto e dupla camada de tela soldada, visto que conforme a ABNT NBR 16055 (2012), paredes com espessura superior a 15 cm devem ser construídas com duas telas. O sistema VC terá 15 cm de espessura, com blocos cerâmicos de 8 furos com 9 cm de espessura, duas camadas de argamassa de reboco de cimento, cal e areia de 2,5 cm, e duas camadas de massa regularizadora de 0,5 cm, a fim de que os dois sistemas apresentem superfície acabada.
Foram consideradas as fases de pré-uso, uso e pós-uso, conforme exemplificado na Figura 2. Nas fases de pré-uso e de pós-uso, foi realizada uma análise híbrida com dados secundários. De Saade (2014) obteve índices de ECO_2 e $ECO_{2\text{-eq}}$, entre outras categorias de impacto, para diversos materiais empregados na construção civil, e será a principal fonte de dados para esse trabalho.
Um método de conversão deve ser escolhido para transformar os dados de entrada (quantidade de cada produto) em dados de quantidade de $CO_{2\text{-eq}}$, por exemplo. Nesse estudo foi usado um método de análise híbrida, que permite avaliar toda a cadeia de um produto. Os coeficientes híbridos são multiplicados pelos quantitativos finais dos materiais empregados na construção, incluindo as perdas, para serem obtidos os valores de energia incorporada total, $CO_{2\text{-eq}}$ ou outra categoria de impacto (CHAU *et al*., 2015).
Somente os itens que diferem entre os sistemas VC e PC foram quantificados. Os itens comuns aos dois sistemas construtivos foram desconsiderados, tais como fundação, cobertura, revestimentos cerâmicos, pintura, esquadrias, uso de equipamentos (como computadores e chuveiros) e cocção. Não foi considerada a fase de execução.

Figura 2. Variáveis consideradas neste estudo



5.1 Fase de pré-uso

A coleta de dados foi feita a partir do levantamento das quantidades dos materiais envolvidos na execução e montagem dos sistemas, considerando porcentagens de perdas, que foram determinadas de acordo com dados provenientes da literatura científica ou do fabricante.

A quantidade relativa às fôrmas foi obtida dividindo-se a massa de fôrma por m² pelo número de utilizações potenciais de cada tipo, sendo 1000 utilizações para a fôrma de alumínio, 100 utilizações para a fôrma plástica e 50 utilizações para a fôrma mista, conforme dados de fabricantes apresentados por Faria (2009).

Para o cálculo de emissões de CO_2 na fase de transportes dos materiais e componentes até o local da obra, foi utilizado um consumo médio de diesel de 0,0136 L/T.km, considerando que o diesel emite 3,15 $kgCO_2/L$ (NABUT NETO, 2011). As fábricas foram escolhidas mediante consulta de empresas conformes no PSQ. O quantitativo em função da unidade funcional adotada e as distâncias de transporte estão incluídos na Tabela 2.

Tabela 2. Quantitativo de materiais por m² de parede e distâncias de transporte

	Materiais e componentes	Quantidade (unid./m²)		FCO_2 ($kgCO_2$/unid.)*	Local da fábrica	Distância (km)
PC	Concreto 25 MPa	0,18	m³	151,08	Brasília – DF	20,5
	Tela soldada Q 61 - Malha 15x15 - diâmetro 3,4 mm	1,9	kg	1,55	Divinópolis – MG	805
	Espaçadores para tela soldada em PVC	0,04	kg	5,92	Mauá - SP	1057
	Fôrmas em paineis de alumínio extrudado	0,04	kg	4,03*	Campo Grande – RJ	1187
	Fôrmas em paineis de PVC	0,18	kg	5,92	Piracicaba – SP	902
	Fôrmas em paineis mistos de compensado e alumínio	1,37	kg	2,47**	Campo Grande –RJ	1187

VC	Bloco cerâmico furado 9 cm	110,46	kg	0,23	Rondonópolis – MT	934
	Cimento CPII-E	49,34	kg	0,37	Sobradinho – DF	27,6
	Areia	0,16	m³	0,01	Ipameri – GO	294
	Cal hidratada	6,98	kg	0,74	Sobradinho – DF	27,6
	Concreto 25 MPa	0,03	m³	151,08	Brasília – DF	20,5
	Aço	1,92	kg	1,55	Divinópolis – MG	805
	Chapa de madeira compensada plastificada (2200x12x1100 mm)	0,01	m³	58,55	União da Vitória – PR	1490

**Fator extraído de Costa (2012). **Valor aproximado com base nos fatores do alumínio e do compensado.*

5.2 Fase de uso

A fase de uso foi dividida em duas etapas: manutenção e operação. Para a etapa de operação, foram realizadas simulações por meio do *software Design Builder* 5.0, do *Energy Plus* – indicado pela ABNT NBR 15575-1 (2013) – a fim de quantificar os impactos provocados pelo condicionamento ambiental. Não foi considerado o uso de equipamentos e eletrodomésticos, por se tratarem de itens comuns às duas tipologias. Portanto, foi avaliado o condicionamento artificial (AC), que será diferenciado devido às características de transmitância e capacidade térmica de cada um dos sistemas. As simulações foram realizadas em dois cenários distintos, com e sem iluminação artificial (IA), verificando a influência desta na necessidade de condicionamento devido à elevação da temperatura no interior dos ambientes.

Os dados climáticos utilizados foram os arquivos do INMET do tipo TMY, disponibilizados pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE - UFSC) para a cidade de Brasília (ZB4). Como parâmetro para as simulações foi considerado uma agenda cheia, ou seja, o AC pode ser acionado em qualquer período do dia ou da noite quando a temperatura no interior do ambiente supera uma temperatura limite de 24,3ºC, na qual se considera que há sensação de conforto térmico. Essa temperatura foi obtida a partir da equação desenvolvida por Aluciems (1981) *apud* Pereira e Assis (2010): TN = 17,6 + 0,314T, em que T é a temperatura média do ar mensal externa (em °C), mesma equação utilizada por Caldas (2016).

Foi considerada uma ocupação de 4 pessoas, levando a uma densidade habitacional de 0,09 pessoas/m², e o AC admitido foi o *split* (CoP = 2,8).

A manutenção foi calculada separadamente considerando fatores de reposição (FR) iguais a 1 para elementos com mesma vida útil da estrutura (50 anos), e para os demais, será uma relação entre a vida útil do elemento e a vida útil total do sistema. Os itens com vida útil inferior a da edificação são a argamassa de reboco e a massa de regularização no sistema de VC, que possuem vida útil de 40 anos – dado obtido da ABNT NBR 15575-1 (2013) – e apresentam FR=1,25. No sistema de PC todos os elementos considerados possuem a mesma vida útil da edificação, e, portanto, não possuem reposição.

5.3 Fase de pós-uso

As emissões referentes à desconstrução foram calculadas a partir dos resultados para quantificação da energia incorporada (EI) na desconstrução de SVV's obtidos por Pedroso (2015) por meio de ensaios experimentais. Com os dados referentes ao volume construído e desconstruído apresentados por este autor, foram obtidos fatores multiplicadores de aumento de volume (FAV) para os sistemas de VC e PC, que foram aplicados aos volumes iniciais de 1 m² construído com suas respectivas espessuras.

A partir do volume desconstruído calculado para os sistemas avaliados no presente trabalho, a energia incorporada foi obtida por meio de uma correlação com os valores de EI apresentados por Pedroso (2015). Por fim, esses valores foram multiplicados por um fator de emissões de CO_2 referentes à produção de eletricidade no Brasil (FCO_2), apresentado por Caldas (2016), de 0,036 $kgCO_2/MJ$ de energia elétrica. O cálculo referente ao transporte de resíduos à destinação final foi realizado conforme o item 5.1.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia descrita, foram obtidos os resultados para as fases de pré-uso, uso e pós-uso dos sistemas PC e VC.

6.1 Fase de pré-uso

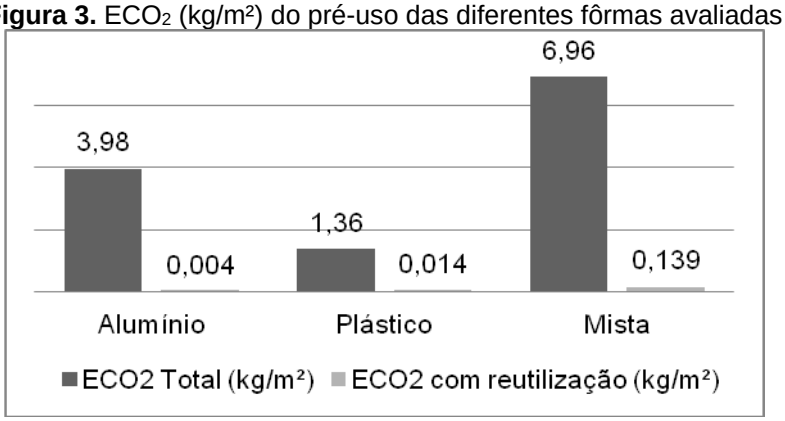
A Tabela 3 apresenta os valores de ECO_2 I e ECO_2 Ti dos materiais de cada sistema analisado. É possível verificar no caso em estudo que os itens que apresentam maiores valores de emissão são o concreto, o bloco cerâmico e o cimento, este último apresentando o maior teor de emissões devido ao processo produtivo, no qual são utilizados grandes fornos para a calcinação do clínquer, chegando a temperaturas de aproximadamente 1400 ºC, além do uso de moinhos para o refinamento das partículas calcinadas. Os blocos cerâmicos também passam por processo de queima a elevadas temperaturas, e como muitas vezes a energia para a execução desses processos provém de combustíveis fósseis, tem-se uma elevada emissão de GEE. Verifica-se ainda que a emissão de CO_2 na etapa de transporte é menor que as demais etapas, evidenciando a importância do processo de produção no que tange aos impactos ambientais. Além disso, verifica-se que o total de emissões no pré-uso é superior para o sistema de VC, mesmo sem contabilizar as emissões das fôrmas no sistema de PC.

Tabela 3. ECO_2 I e ECO_2 Ti dos materiais de cada sistema

	Materiais e componentes	ECO_2 I ($kgCO_2/m^2$)	ECO_2 Ti ($kgCO_2/m^2$)
PC	Concreto 25 MPa	27,02	0,79
	Tela soldada Q 61 - Malha 15x15 - diâmetro 3,4 mm	2,94	0,13
	Espaçadores para tela soldada em PVC	0,26	0,004
	TOTAL	30,22	0,92
FÔRMAS	Fôrmas em paineis de alumínio extrudado	0,16	0,004
	Fôrmas em paineis de PVC	1,04	0,01
	Fôrmas em paineis mistos de compensado e alumínio	3,38	0,14
VC	Bloco cerâmico furado 9 cm	25,41	8,84
	Cimento CPII-E	18,26	0,12
	Areia	0,0016	0,05
	Cal hidratada	5,17	0,02
	Concreto 25 MPa	4,06	0,001
	Aço	2,98	0,13
	Chapa de madeira compensada plastificada (2200x12x1100 mm)	0,41	0,40
	TOTAL	56,28	9,55

Em relação ao tipo de fôrma, na Figura 3 é apresentado o total de emissões de CO_2 na fase de pré-uso para cada uma delas. Verifica-se que, quando considerada somente uma utilização, a fôrma mista apresenta a maior quantidade de emissões, seguida pela de alumínio, e por último a de plástico. Entretanto, quando se considera os fatores de reutilização, a fôrma de alumínio passa a apresentar a menor emissão. Isso constitui uma grande vantagem desse sistema de fôrmas, que é o mais utilizado quando se trata de obras com grande número de repetições.

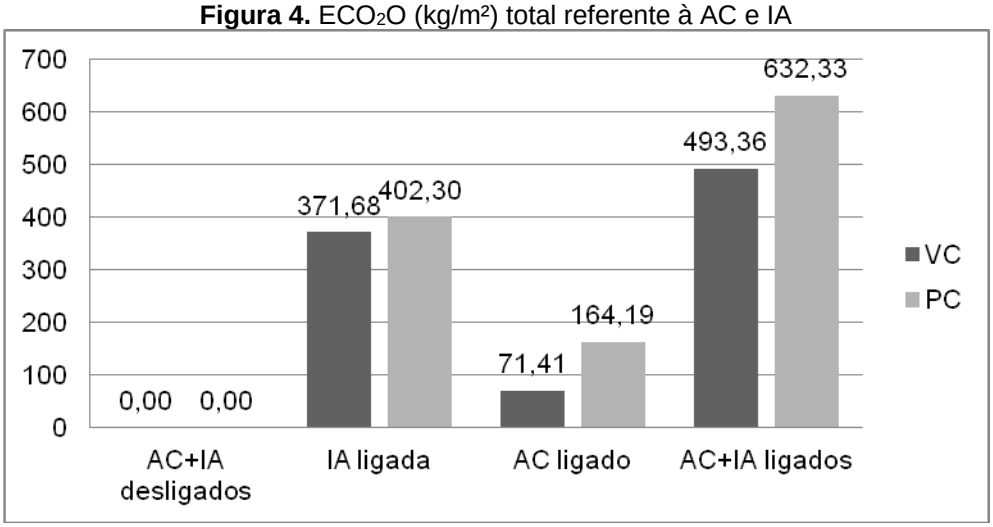
Figura 3. ECO_2 (kg/m²) do pré-uso das diferentes fôrmas avaliadas



6.2 Fase de uso

A partir da Figura 4, observa-se que o sistema de PC apresenta maior necessidade de condicionamento artificial que o de VC. Essa análise é coerente, visto que o sistema de PC, mesmo com espessura 2,5 cm superior a de VC, apresenta transmitância térmica 1,55 vezes maior (ver Tabela 1), facilitando o fluxo de calor para o ambiente interno. Além disso, é possível observar que a presença de iluminação aumenta a necessidade de condicionamento em ambos os sistemas.

Figura 4. ECO_2O (kg/m²) total referente à AC e IA



Na Tabela 5 são apresentadas as emissões na fase de manutenção (ECO_2 M) para o sistema de VC. O valor representa 9% das emissões totais de pré-uso do sistema.

Tabela 5. ECO_2M (kg/m²) dos insumos com vida útil inferior a do sistema

	Materiais	Quantidade (unid./m²)		FR	Quant. Manutenção (unid./m²)	ECO_2 I (kg/m²)	ECO_2 Ti (kg/m²)	ECO_2 M (kg/m²)
VC	Cimento CPII-E	49,34	kg	1,25	12,34	4,56	0,03	4,59
	Areia	0,16	m³	1,25	0,04	0,0004	0,01	0,01
	Cal hidratada	6,98	kg	1,25	1,75	1,29	0,004	1,30
				TOTAL				5,90

6.3 Fase de pós-uso

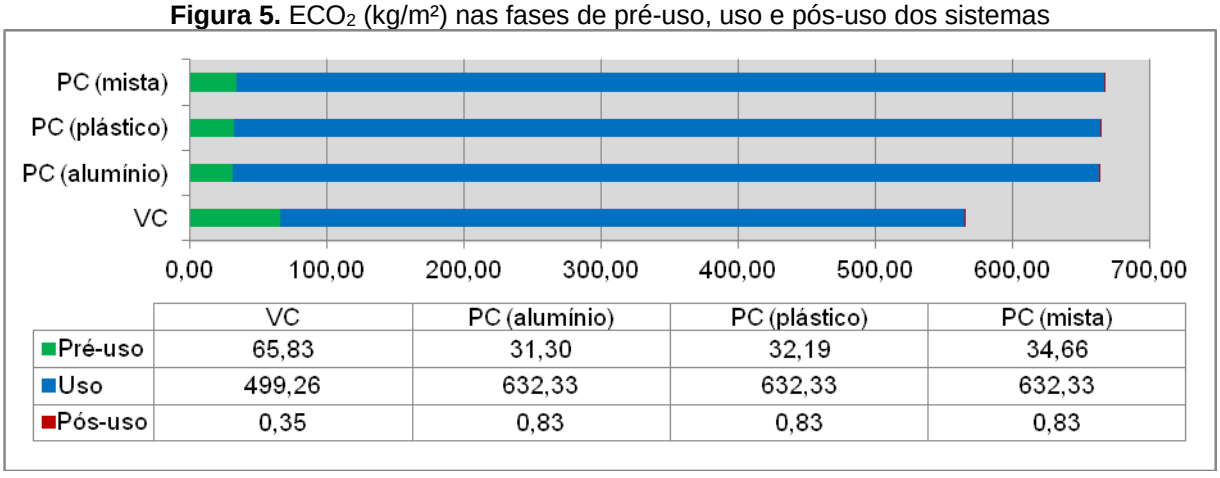
A partir da análise da Tabela 6 verifica-se uma maior emissão na desconstrução do sistema VC que no sistema PC. A emissão no transporte dos resíduos de PC é 2,6 vezes superior a de VC, uma vez que a espessura da parede é maior, condicionando um volume superior.

Tabela 6. ECO_2D (kg/m²) e ECO_2Tf (kg/m²) dos sistemas

Sistema	Massa (kg/m²)	Vol. Const. (m³/m²)	FAV	Vol. Desc. (m³/m²)	EI (MJ/m²)	FCO_2 ($kgCO_2$/MJ)	ECO_2D (kg/m²)	Dist. de Transporte (km)	ECO_2Tf (kg/m²)
PC	449,10	0,175	1,8	0,315	0,65	0,036	0,023	21	0,81
VC	174,20	0,15	1,5	0,22	0,93	0,036	0,033	21	0,31

A partir da análise da Figura 5, verifica-se que o sistema de VC, apesar de apresentar maiores emissões na fase de pré-uso, se mostra com melhor desempenho ambiental diante desse impacto que o sistema de PC. A fase de uso é determinante e provoca maior impacto durante o ciclo de vida dos sistemas avaliados.

Figura 5. ECO_2 (kg/m²) nas fases de pré-uso, uso e pós-uso dos sistemas



	VC	PC (alumínio)	PC (plástico)	PC (mista)
Pré-uso	65,83	31,30	32,19	34,66
Uso	499,26	632,33	632,33	632,33
Pós-uso	0,35	0,83	0,83	0,83

7. CONCLUSÃO

A parede de concreto se mostrou mais vantajosa ambientalmente que a vedação convencional no que diz respeito à fase de pré-uso, mesmo com a utilização de uma espessura superior ao valor usual para que atenda aos requisitos de desempenho térmico. Isso poderia ser ainda mais evidente se as paredes internas fossem concebidas com espessura inferior a das externas, já que não participam do desempenho térmico da edificação, e se o concreto fosse produzido a partir de cimentos com maiores teores de adições minerais, reduzindo a proporção de clínquer, que é um

dos grandes responsáveis pelas emissões de carbono do cimento, devido ao processo de calcinação.
Em relação às fôrmas, tem-se que as mistas de compensado e estrutura metálica são as que mais emitem CO_2 na fase de pré-uso. As fôrmas de alumínio, por sua vez, são mais poluentes que as plásticas, mas quando se considera o número de reutilizações possíveis, ela passa a ser a menos poluente entre as três.
Apesar da potencial vantagem na fase de pré-uso, o sistema de parede de concreto perde nas fases de uso e pós-uso, com destaque para a etapa de operação. É nela que são emitidos os maiores teores de CO_2 em ambos os sistemas, e há uma diferença de 138,97 kg/m² de emissão entre eles. Isso é atribuído às propriedades térmicas do concreto, cuja transmitância térmica é bastante superior a do sistema de vedação convencional em blocos cerâmicos. Com isso, tem-se que as construções correntes em PC em Brasília, notadamente não atendem aos requisitos de norma, visto que são projetadas com espessuras inferiores a 17,5 cm.

REFERÊNCIAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-2. Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15220-3. Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15.575-1. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15.575-4. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 16.055. Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR ISO 14040. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

ATMACA, A.; ATMACA, N. Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions ($LCCO_2A$) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. Energy and Building, v. 102, p. 417-437, 2015.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética EPE. Balanço Energético Nacional 2016 ano base 2015. Brasil, 2016.

CAIXA. Demanda habitacional no Brasil / Caixa Econômica Federal. – Brasília, DF: CAIXA, 2011.

COSTA, B. L. C. Quantificação das emissões de CO_2 geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil. Dissertação (Mestrado) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CALDAS, L. R. Avaliação do ciclo de vida energético e de emissões de CO_2 de uma edificação habitacional unifamiliar de *light steel framing* para diferentes dados de inventário. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 177p, 2016.

CHAU, C.; LEUNG, T.; NG, W. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. Applied Energy, v. 143, p.395-413, abr. 2015.

FARIA, R. Paredes Maciças. Revista Téchne. v. 143, n. 17, 2009.

NAKAMURA, J. Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos. Revista Techne. Edição 202, janeiro, 2014.

NABUT NETO, A. C. Energia Incorporada e emissões de CO_2 de fachadas. Estudo de caso do steel frame para utilização em Brasília, DF. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-009A/11, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 117 p. 2011.

PAULSEN, J.; SPOSTO, R. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”. Energy and Building, v. 57, p. 95-102, 2012.

PEDROSO, G. M. Avaliação de ciclo de vida energético (ACVE) de sistemas de vedação de habitações. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 226p, 2015.

PEREIRA, I. M.; ASSIS, E. S. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no projeto arquitetônico bioclimático. Ambiente Construído, v.10, nº 1, p.31-51, 2010.

SAADE, Marcella Ruschi Mendes et al. Material eco-efficiency indicators for Brazilian buildings. Smart And Sustainable Built Environment**,** [s.l.], v. 3, n. 1, p.54-71, 13 maio 2014. Emerald.

SARNEY FILHO, José; MARCONDES, José Antônio (Org.). Avaliação preliminar da COP 22. Marrakesh: Ministério do Meio Ambiente e Ministério das Relações Exteriores, 2016.

SHEN et al. Quantifying CO_2 emissions from China’s cement industry. Enewable and sustainable energy reviews, p. 1004-1012, jun. 2015.

TAVARES, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Tese de doutorado, PPGEC, UFSC, Florianópolis, SC, 2006.

149. O EFEITO DA INCORPORAÇÃO DA BORRACHA DE RESÍDUO DE PNEU NO IMPACTO AMBIENTAL DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL: UMA ABORDAGEM DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

ZULCÃO, Robson[1](robsonzulcao@gmail.com); COELHO, Felipe Zanellato*[1] *(fcz_0019@outlook.com); CALMON, João Luiz*[1](joao.gama@ufes.br)*
[1] Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brazil
**Autor correspondente*

RESUMO
Alternativas devem ser buscadas para o reuso e reciclagem de pneus inservíveis. A incorporação da borracha reciclada de resíduo de pneu (BRRP) em concreto vem sendo substancialmente pesquisada para avaliar sua influência nas propriedades do concreto. Contudo, a avaliação ambiental de seu uso ainda é pouco pesquisada quantitativamente. A metodologia da avaliação do ciclo de vida (ACV) pode ser aplicada para verificar como uma mudança na composição do material afeta o seu desempenho ambiental. Neste estudo, uma ACV simplificada foi realizada para avaliar como o resíduo de borracha de pneu impacta no desempenho ambiental do concreto autoadensável (CAA) em um cenário específico. Foi utilizado o *software* SimaPro para auxiliar na avaliação em conjunto com dados da literatura e do banco de dados Ecoinvent. Os resultados mostram que apesar de ser uma alternativa para o fim-de-vida dos pneus, o alto consumo de energia para o seu processamento combinado a uma matriz energética majoritariamente não renovável traz uma grande desvantagem para seu uso no CAA.
Palavras-chave: Avaliação do ciclo de vida (ACV); Concreto; Resíduo de borracha de pneu, Reciclagem.

THE EFFECT OF THE INCORPORATION OF WASTE RUBBER TYRE IN SELF-COMPACTING CONCRETE ENVIRONMENTAL IMPACT: A LIFE CYCLE ASSESSMENT APPROACH

ABSTRACT
Alternatives must be sought to reuse and recycle scrap tyres. The incorporation of waste tyre rubber into concrete has been substantially researched to evaluate its influence in concrete properties. However, the environmental assessment of its use is actually little researched quantitatively. Life-cycle assessment (LCA) methodology can be applied to verify how a change in material composition affects its environmental performance. In this study, a simplified LCA has been applied to evaluate how waste rubber tyre impacts in self-compacting concrete (SCC) environmental performance in a specific scenario. It was used the SimaPro software to assist in the assessment along with data from the literature and the Ecoinvent database. The results show that despite of being an alternative to the end-of-life for the tyres, the high energy consumption for its processing combined with an electricity grid mainly non-renewable brings a huge downside for its implementation into SCC.
Keywords: Life-cycle assessment (LCA); Concrete; Waste rubber tyre; Recycling

1. INTRODUÇÃO

A disposição correta dos resíduos sólidos é um tema de grande importância na atualidade, dentre os quais se destaca a disposição dos pneus inservíveis. O seu descarte atualmente é realizado de diversas formas, como queima e aterro. Estas formas são consideradas inadequadas, pois causam sérios danos ambientais. No caso da queima, a emissão de gases tóxicos polui o ar e ainda pode contaminar o solo e a água. E o seu acúmulo em aterros favorece a reprodução de mosquitos que atuam como vetores e causam diversas doenças.

Na construção civil, o pneu pode ser empregado em obras geotécnicas, como combustível nos fornos de fabricação de cimento e como agregado em concretos asfálticos e concretos de cimento (ISMAIL; HASSAN, 2016; THOMAS; GUPTA, 2016; FERALDI *et al*., 2013). Para a fabricação de agregado a partir do pneu é realizada trituração, moagem e classificação do material granular, chamado neste estudo de borracha reciclada de resíduo de pneu (BRRP), que varia usualmente de 0,075 mm a 4,75 mm. Este processo de reciclagem produz como material não apenas a borracha granulada, mas também fibras de nylon e fios de aço, que são separados da borracha depois da trituração inicial (THOMAS; GUPTA, 2016; SIDDIQUE; NAIK, 2004).

O BRRP vem sendo estudado para seu emprego em misturas de concreto convencional, bem como de concreto autoadensável (CAA), tendo este último seu emprego cada vez maior devido a não necessidade de vibração para concretagem e a incorporar grandes quantidades de adições minerais. Quanto às propriedades técnicas do concreto incorporando o BRRP, a trabalhabilidade é reduzida, porém com o uso de aditivos químicos esse efeito pode ser reduzido (SILVA *et al.,* 2015; THOMAS; GUPTA, 2016). Ademais, o concreto com BRRP possui menor densidade devido à menor massa específica da borracha em relação à areia. Em relação à influência do BRRP nas propriedades mecânicas, os estudos notaram que as resistências à compressão, à tração e à flexão são reduzidas (ISMAIL; HASSAN, 2016; THOMAS; GUPTA, 2016; YUNG; YUNG; HUA, 2013). Já em relação à resistência a impacto, estudos têm mostrado que o uso do BRRP é benéfico, aumentando com o acréscimo de BRRP utilizada (AL-TAYEB *et al.,* 2013).

Nesses estudos de avaliação das propriedades técnicas, costuma considerar-se como uma verdade universal que a incorporação do BRRP na matriz do concreto ajuda a reduzir seu impacto ambiental. Contudo, faltam estudos que forneçam uma quantificação de impacto ambiental da influência do BRRP no concreto. A avaliação do ciclo de vida (ACV) é considerada uma ferramenta importante para identificar soluções para gerenciamento de resíduos sólidos, tais como pneus inservíveis (FERALDI *et al*., 2013; CORTI; LOMBARDI, 2004), e vêm também sendo cada vez mais utilizada para avaliar a sustentabilidade de materiais de construção civil, tais como o concreto (VIEIRA; CALMON; COELHO, 2016).

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi realizar uma ACV simplificada para avaliar a influência que a incorporação do resíduo de borracha de pneu causa no desempenho ambiental do concreto autoadensável em um cenário específico, avaliando a influência dos diferentes teores de substituição do resíduo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método utilizado nesta pesquisa segue as definições da ACV, uma ferramenta metodológica que pode esclarecer como a modificação a composição de um produto altera o seu impacto ambiental. Sua metodologia e princípios estão descritos nas normas internacionais da *International Organization for Standardization* (ISO) 14040:2006 e ISO 14044:2006 (ISO 2006a,

b). Normas para a realização da ACV em concretos também já estão disponíveis (ISO, 2014). A ACV é composta de quatro etapas: definição de objetivo e escopo; inventário do ciclo de vida (ICV); avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV); e interpretação. As três primeiras etapas serão descritas nas subseções 3.2 a 3.4 e a interpretação será realizada na seção de resultados.
As escolhas metodológicas adotadas para a avaliação e os resultados apresentados neste trabalho constituem parte de uma dissertação de mestrado de um dos autores (COELHO, 2016). Os traços de CAA analisados foram obtidos de artigos de revistas internacionais indexadas com alto fator de impacto, onde foram avaliadas as propriedades técnicas mecânicas da incorporação do resíduo de borracha de pneu no CAA. Foi empregado o *software* SimaPro versão 8.2 (2016) para auxiliar na modelagem e cálculo da avaliação ambiental, em conjunto com o banco de dados Ecoinvent 3.2 (MORENO RUIZ *et al*., 2015) e fontes da literatura.

3.1 Artigos e traços avaliados

Os traços utilizados foram obtidos de dois estudos internacionais: o de Ismail; Hassan (2016), com 33 traços de CAA, e o trabalho de Yung; Yung; Hua (2013), com 13 traços de CAA. Informações gerais relevantes sobre os traços dos estudos são apresentados na Tabela 1. Os traços apresentam um alto consumo de material cimentício (mc), variando de 500 a 600 kg/m³, com uma resistência aos 28 dias (fc28) não muito elevada, variando de 12 a 53 MPa, aproximadamente. Observa-se então um rendimento de ligante (kg de mc/MPa) muito baixo, variando de aproximadamente 9,5 a 41, já notando-se que são traços que não alcançam um objetivo global de sustentabilidade, devido ao ligante ser o principal responsável pelo impacto ambiental do concreto. Ademais, o ligante principal utilizado é o cimento Portland convencional (Tipo I americano ou equivalente), com teor de clínquer de 95%, que possui custo e impacto ambiental de produção mais elevado em comparação a cimentos compostos. Contudo, os pesquisadores utilizaram esse cimento devido a ser o mais puro, sendo prática comum o seu uso em estudos laboratoriais que visam avaliar as propriedades técnicas mecânicas e de durabilidade de CAAs produzidos com adições/substituições.

Tabela 1. Informações gerais sobre os artigos e os traços

Autores	Ismail; Hassan (2016)	Yung; Yung; Hua (2013)
Nº de traços	33	13
mc (C+AM) (kg/m³)	500 a 550	600
a/mc	0,4	0,35
AM (tipo)	EGAF, CV, MC	EGAF, CV
AM (kg/m³)	0 a 165	300
% BRRP	0 a 50	0 a 20
Areia (kg/m³)	456 a 981	708 a 885
Brita (kg/m³)	636 a 687	888
Aditivo (kg/m³)	0,57 a 8,95	7,8
fc28 (Mpa)	12,1 a 52,95	19,21 a 32,07

Nota: C: Cimento; AM: Adições minerais; mc: materiais cimentícios; a: água; CV: cinzas volantes; EGAF: escória granulada de alto-forno; MC: metacaulim; %BRRP: teor de substituição em volume da areia por resíduo de borracha de pneu reciclado; fc28: resistência à compressão a 28 dias.

Ismail; Hassan (2016) utilizaram um resíduo com a curva granulométrica definida, com mais de 90% entre de 1 a 5 mm, já Yung; Yung; Hua (2013) utilizaram duas granulometrias mais finas,

uma passante na peneira de 0,3 mm e outra na de 0,6 mm. A porcentagem de substituição em volume da areia por BRRP variou de 0 a 50%. Além do cimento foram utilizadas três tipos de adições minerais: escória granulada de alto-forno (EGAF), cinzas volantes (CV) e metacaulim (MC). Os estudos concluíram que os CAAs com o BRRP apresentaram uma maior ductilidade, absorção de energia, resistência a impactos, resistividade elétrica, e um menor peso próprio, comparados a misturas de CAAs convencionais. Porém todas as outras propriedades mecânicas foram afetadas negativamente (resistência à compressão, à flexão, à tração, módulo de elasticidade e retração por secagem), além da viscosidade. Dentre as adições minerais empregadas, o metacaulim provou ser o mais eficiente para ajudar a reduzir essa influência negativa nas propriedades mecânicas e reológicas do uso do BRRP.

3.2 Objetivo e escopo

O objetivo é avaliar a influência que a incorporação do resíduo de borracha de pneu causa no desempenho ambiental do CAA. Para tal, os traços foram analisados para o cenário de uma fábrica de concreto localizada na cidade de Berkeley, na Califórnia – EUA, oriundo de um estudo onde foi avaliado o desempenho técnico mecânico, bem como ambiental, de misturas de CAA utilizando uma nova ferramenta computacional de ACV (CELIK *et al.,* 2015). Este cenário foi escolhido por possuir a disponibilidade e qualidade dos dados necessária para conduzir uma avaliação utilizando diversos resíduos e subprodutos industriais (COELHO, 2016). Considerou-se como unidade funcional o volume de 1 m³ de CAA (posteriormente também incluindo a resistência a compressão), com as fronteiras do sistema *cradle-to-gate*: extração das matérias-primas, produção dos materiais, transporte e mistura na central de concreto. As fases de construção, uso, demolição e fim-de-vida não foram consideradas no escopo deste estudo, devido a serem, desta maneira, consideradas similares para os traços analisados, a fim de simplificação.

3.3 Inventário (ICV)

Nesta etapa os dados referentes à produção dos materiais e transportes são analisados. O cenário de transporte analisado está detalhado na tabela 2, bem como as informações sobre os dados utilizados para os materiais. O código entre colchetes é relativo à nomenclatura utilizada no banco de dados Ecoinvent. Outros materiais foram utilizados neste estudo que não estavam contemplados no estudo original de Celik *et al.* (2015), sendo assim utilizadas as distâncias das fábricas mais próximas que tinham a disponibilidade dos materiais e resíduos em questão.
Em relação ao inventário de produção e geração dos materiais, para o caso do BRRP não foram atribuídos impactos anteriores a sua geração, excluindo os impactos referentes à coleta dos pneus, portanto somente os impactos da reciclagem e do transporte para fábrica de concreto foram considerados. O consumo energético da trituração do pneu no processo de reciclagem (à seco e à temperatura ambiente) foi considerado o mesmo para a geração das diferentes granulometrias utilizadas nos estudos, devido à linha de reciclagem considerada gerar diferentes tamanhos de grãos do material. A linha de reciclagem considerada neste estudo é semiautomática de pequena escala (saída de 500-600 kg/h, com 0,24 kWh/kg de BRRP) com baixo custo inicial de implementação (WHIRSLSTON, 2016). Porém, há no mercado soluções automáticas com custo consideravelmente mais elevado, onde se obtém uma produção em maior escala (cerca de 2 t/h). Para efeito de comparação, nos estudos de ACV comparativos de fim-de-vida para os pneus de Feraldi *et al.* (2013) e Corti; Lombardi (2004), o consumo energético do processo de reciclagem mecânica foi contabilizado em aproximadamente 0,35 kWh/kg de BRRP.

Ademais, não foi considerado o impacto evitado de não se enviar o pneu para aterro ou outra destinação final que causaria dano ao meio ambiente, apesar de por vezes esta ser a principal justificativa dos estudos que realizam a incorporação de resíduos e subprodutos industriais. Esta questão ainda é um pouco controversa numa ACV baseada em processos: a quem se deve atribuir o impacto evitado de um produto que foi reciclado? À indústria que gerou o resíduo ou àquela que o está incorporando? A fim de simplificação, a sensibilidade desta problemática não foi tratada neste estudo, ficando como sugestão para futuros estudos mais aprofundados. A norma ISO 13315-2 (ISO, 2014) recomenda que a fronteira do sistema seja considerada a partir do processamento do resíduo para a utilização de agregados reciclados e de subprodutos industriais na matriz do concreto, sendo esta decisão metodológica aplicada neste estudo.

Tabela 2. Dados dos materiais e cenário de transporte

Materiais	Fonte dos dados	Informações extras	Distância (km)	Modo de transporte
Areia	Ecoinvent 3.2 [RoW]	-	50	Caminhão
Aditivo	Ecoinvent 3.2 [RoW]	Policarboxilato com 40% de Substância Ativa	1000	Caminhão
Brita	Ecoinvent 3.2 [Row]	Matriz energética modificada para CA-BC	1000 + 10	Barcaça + Caminhão
BRRP	WhirlSton (2016) - Small Scale Tire Recycling Line	1 kg de BRRP: 0,24 kWh de eletricidade [WECC] para máquina de reciclar pneu	30	Caminhão
Cimento	Ecoinvent 3.2 [US]	CP americano tipo I. 95% clínquer e 5% gipsita	60	Caminhão
CV	Chen *et al.* (2010); Celik *et al.* (2015)	1 kg de CV: 0,67 MJ de calor [GLO] pela queima de gás natural	1000	Ferrovia
EGAF	Ecoinvent 3.2 [US]	-	1300	Ferrovia
MC	Ecoinvent 3.2; Heath *et al.* (2014); Habert *et al.* (2011)	1 kg de MC: 1,16 kg de Caulim [RoW] + 2,25 MJ de calor pela queima de gás natural [GLO] para Calcinação + 0,0058 kWh de energia elétrica [US] de equipamentos	4000	Ferrovia

Nota: BRRP: resíduo de borracha de pneu reciclado; CA-BC: Canada-British Columbia; CP: cimento Porland; CV: cinzas volantes; EGAF: escória granulada de alto-forno; GLO: Global; MC: metacaulim; RoW: Rest-of-World.; US: United States; WECC: Western Electricity Coordinating Counsil

No caso da escória (EGAF) considerou-se o padrão do banco de dados utilizado, que aloca uma pequena carga ambiental (cerca de 1,4%) do impacto total do processo de fabricação do ferro gusa, somado ao seu posterior tratamento (granulação). Já para as cinzas volantes, o referido banco de dados não atribui impacto do processo de sua geração - o de produção de energia elétrica por termoelétrica a carvão - sendo aqui utilizado apenas o impacto de seu processamento: secagem, e posterior transporte. Já para o metacaulim, considerou-se sua produção pela calcinação do caulim, combinando o banco de dados com dados da literatura.

Para o inventário para os agregados, foram adotados os dados do banco de dados. Para fim de simplificação, o inventário referente aos aditivos utilizados nos traços foi considerado como sendo o do superplastificante de 3ª geração, devido à falta de inventário para o específico aditivo utilizado no estudo, ou pelo não detalhamento de qual foi utilizado, sendo este material pouco significativo no impacto total devido à baixa massa empregada por volume de CAA. Quanto à

mistura dos materiais para a produção do CAA, foram utilizados os dados de consumo energético (eletricidade, diesel e gás natural) padrão do banco de dados referente à produção de 1m³ na central de concreto, excluindo processos referentes à manutenção e infraestrutura. As matrizes energéticas utilizadas do Ecoinvent para a reciclagem dos pneus foram: WECC (*Western Electricity Coordinating Counsil*), referente a uma região dos EUA que inclui a Califórnia; e BR referente à matriz brasileira, para análise de sensibilidade do BRRP.

3.4 Avaliação de impacto (AICV)

Nesta etapa são calculados os potenciais impactos com base nos dados do inventário. A AICV é composta de três etapas obrigatórias: seleção das categorias de impacto, classificação dos impactos (alocação dos dados de ICV para as referentes categorias); e caracterização (agregação dos resultados de ICV em indicadores que integram o inventário em uma unidade padrão), sendo estas etapas realizadas automaticamente no *software*, após a definição do inventário e a escolha do método de impacto. Etapas adicionais também estão disponíveis e podem ser empregadas, tais como normalização, ponderação e pontuação única. O método de impacto escolhido para este estudo foi o Impact2002+, devido à sua abrangência de categorias de impacto orientada a problemas (*midpoints*) e danos (*endpoints*) (JOLLIET *et al*., 2003).

Neste estudo foram selecionadas, nas categorias de impacto *midpoints,* os impactos de respiratórios inorgânicos, aquecimento global e energia não renovável. Estão categorias foram escolhidas devido a serem as três mais relevantes dentre as quinze categorias do método escolhido, representando de 93 a 94% dos impactos totais. Ademais, foi utilizado o resultado final de pontuação única, em conjunto com um indicador de intensidade de impacto, definido como o impacto total de pontuação única dividido pela resistência à compressão a 28 dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados nas Figuras 1, 2 e 3 estão normatizados para a unidade Pt utilizada no método de impacto Impact2002+ a fim de facilitar a comparação entre as diferentes categorias, sendo 1 Pt o impacto médio, de uma categoria de impacto específica, que foi causado por uma pessoa na Europa durante um ano (sendo mPt e µPt, 10^{-3} e 10^{-6}, respectivamente). Na figura 1, Tabela 3 e nas análises, para efeito de melhor representar a comparação de impacto entre os agregados miúdos, utilizou-se o valor de 2,7 kg de areia, pois nos estudos avaliados esse valor corresponde volumetricamente a 1 kg de BRRP, e a substituição é realizada em volume. Ademais, o impacto do BRRP possui grande sensibilidade devido a ser oriundo de um processo de reciclagem que pode ter um consumo energético variável devido ao tamanho da planta fabril, da distância de transporte, entre outros fatores. Portanto, a fim de considerar essa sensibilidade e criar uma melhor comparação visual dos resultados, utilizou-se na Figura 1 uma variação de 30% dos resultados numéricos do impacto ambiental de cada categoria em relação ao valor calculado. Além disso, a influência que a matriz energética causa no impacto do BRRP também foi avaliada nesta primeira comparação, utilizando-se a matriz brasileira (BRRP BR) como alternativa para o processo de reciclagem.

Como se pode observar na Figura 1 e Tabela 3, o impacto ambiental nas três categorias *midpoints* analisadas do BRRP foi muito superior à da areia (de 300 a 650%, aproximadamente), isto se devendo ao alto consumo de energia necessária para realizar a reciclagem do pneu, bem como a matriz utilizada para gerar essa energia – matriz norte-americana com grande proporção de origem não renovável. Nota-se que com o uso da matriz brasileira (BRRP BR) – maior proporção de fonte renovável - os valores das três categorias de impacto analisadas se aproximam ao da

areia, sendo agora apenas 30 a 45% superior à mesma. O processo de reciclagem do pneu requer várias etapas de trituração, a remoção dos metais e fibras poliméricas presentes nos pneus, e possivelmente uma moagem final para reduzir o tamanho de sua partícula. Neste processo, nota-se que o gasto energético é grande quando comparado à extração de areia natural - o material que foi substituído nos traços.

Figura 1. Impacto ambiental do BRRP e da areia em nível *midpoints*

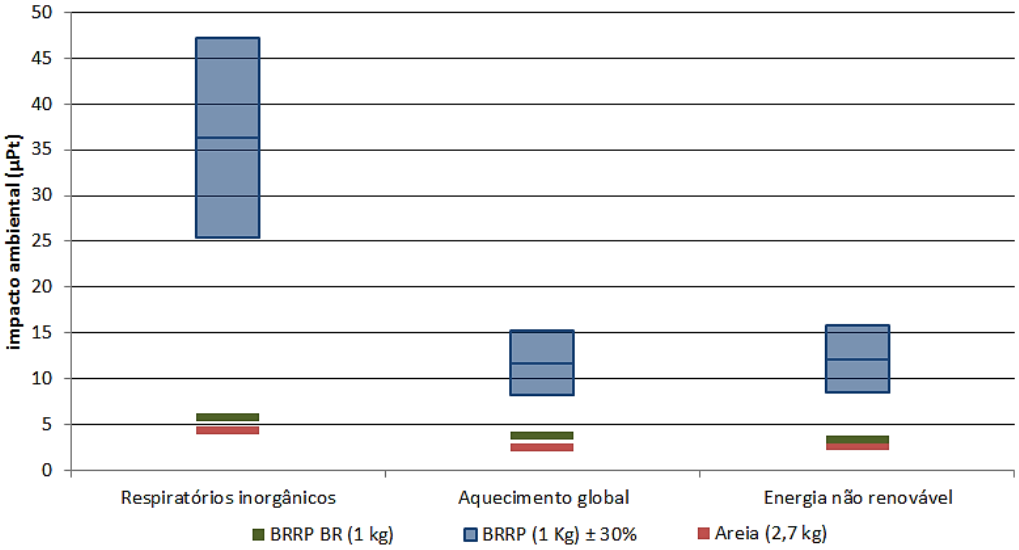


Tabela 3. Resultado de caracterização da areia e BRRP

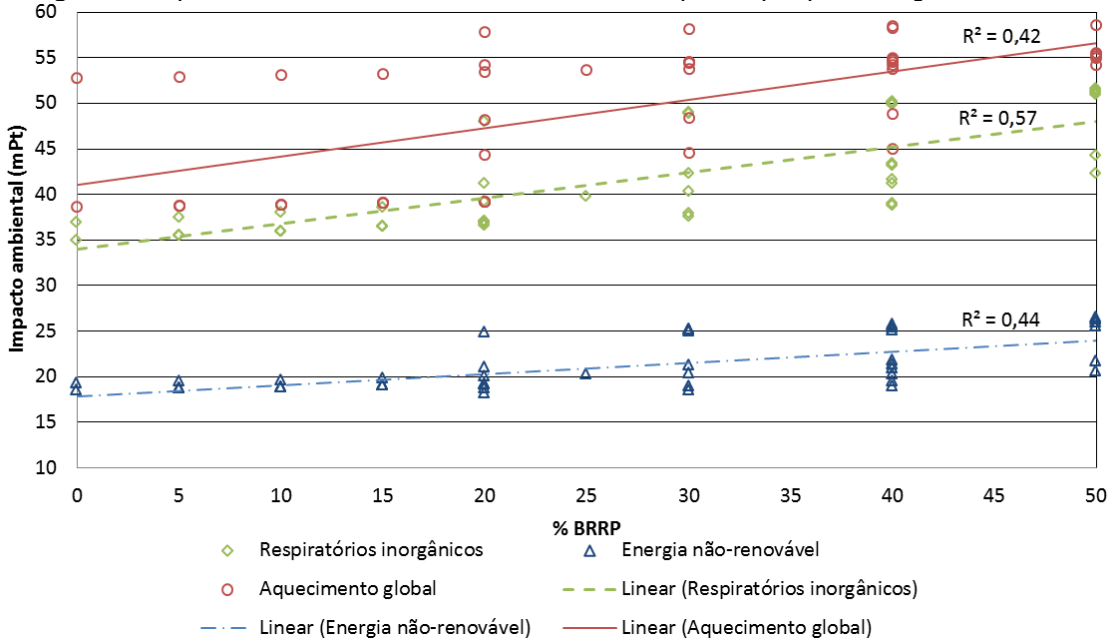
Material	Respiratórios inorgânicos (kg PM2.5 eq.)	Aquecimento global (kg CO_2 eq.)	Energia não renovável (MJ)
Areia (2,7kg)	4,9E-05	0,0285	0,44470
BRRP (1 Kg)	3,67E-04	0,1163	1,84386
BRRP BR (1 kg)	6,3E-05	0,0413	0,58357

Nota: BRRP: resíduo de borracha de pneu reciclado (matriz energética norte-americana); BRRP BR: resíduo de borracha de pneu reciclado (matriz energética brasileira).

Nas figuras 2 e 3, empregou-se o BRRP tal qual definido para o cenário norte-americano em 1 m³ de CAA. Como se observa na Figura 2 há uma tendência crescente de aumento das três principais categorias de impacto *midpoints* com o aumento da substituição da areia por BRRP, apesar de baixos coeficientes de determinação (R^2) para as linhas de tendência lineares. Isso ocorre em virtude de no CAA, o BRRP substituir a areia, um material que não representa impacto significativo em relação ao total, e que comparativamente ao BRRP possui melhor desempenho ambiental, como apresentado anteriormente na Figura 1 e Tabela 3. O impacto de aquecimento global variou de 382 a 580 kg CO_2 eq. por metro cúbico das misturas analisadas, sendo as misturas do estudo de Yung; Yung; Hua (2013) com melhores desempenhos, devido ao uso de adições minerais substituir 50% do cimento nos traços. O melhor teor obtido para o uso de BRRP em seu estudo foi de 5%, com impacto total do traço de 383 kg CO_2 eq. Já nas misturas de Ismail; Hassan (2016) o teor máximo de adições minerais foi de apenas 30%, tendo como melhor resultado 438 kg CO_2 eq., para 5% de BRRP. As categorias de impacto respiratórios inorgânicos e energia não renovável tiveram como intervalo nas misturas analisadas os valores de 0,35 a 0,52

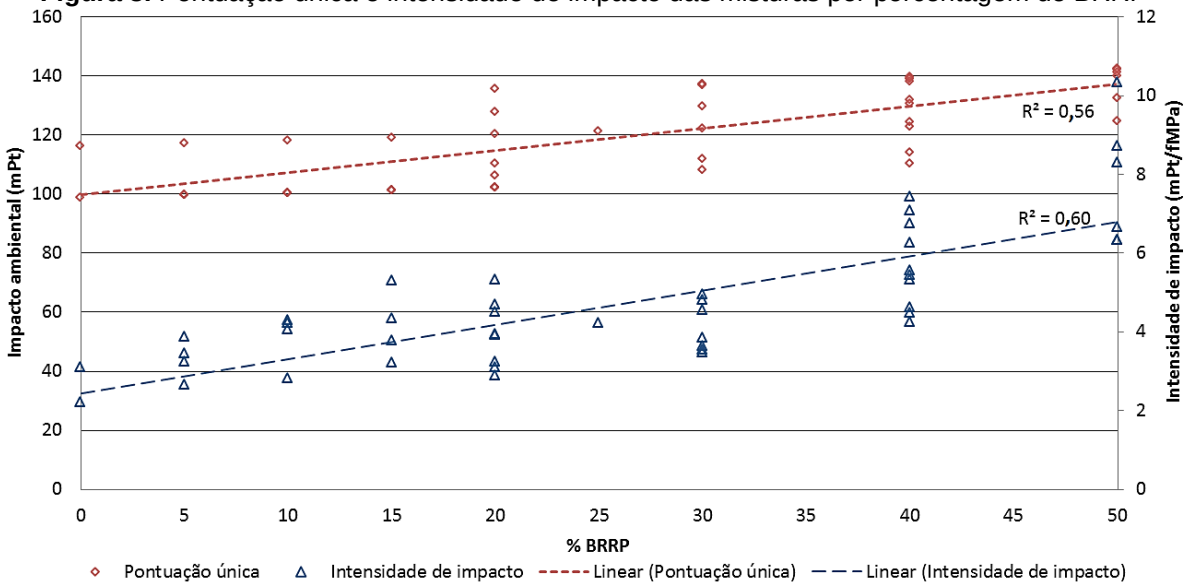
kg PM2.5eq, e 4015 a 2758 MJ, respectivamente. Ainda pode ser observado na Figura 2, que para os teores de substituição de 20, 30 e 40% houve uma grande variabilidade dos resultados de impacto devido às substituições do cimento por adições minerais que são subprodutos industriais, tais como a EGAF e a CV, e não simplesmente devido à incorporação do BRRP.

Figura 2. Impacto ambiental das misturas em nível *midpoints* por porcentagem de BRRP



Na Figura 3, corroboram-se os resultados notados anteriormente. Agrupando todas as categorias de impacto do método de impacto escolhido - e não apenas as três apresentadas nas análises anteriores - em uma pontuação única, um comportamento crescente do impacto total é notado com o acréscimo de BRRP, tendo como mínimo 98 mPt para 0%BRRP, e máximo 143 mPt para 50%BRPR. Ademais, - em uma análise considerando a importância das propriedades mecânicas como função do CAA na avaliação ambiental – nota-se que o índice de intensidade de impacto também é crescente com o aumento de BRRP, tendo como valor mínimo 2,2 mPt/MPa para 0% BRRP e máximo 10,3 mPt/MPa para 50%BRRP. Isto se devendo também à influência negativa da incorporação do BRRP na resistência à compressão. Esta última análise também poderia ser realizada utilizando outra propriedade mecânica como parâmetro, se o mesmo for o que caracteriza a função desejada para o produto final, bem como considerar a vida útil.

Figura 3. Pontuação única e intensidade de impacto das misturas por porcentagem de BRRP



5. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo revelaram que a influência que a incorporação do BRRP exerce no impacto ambiental do CAA não foi positiva no cenário analisado, devido ao seu alto consumo energético para transformar o pneu em um material granular combinado com uma matriz energética baseada em fontes não renováveis. Vale salientar que o benefício de prover um descarte alternativo para o pneu não foi atribuído aos traços de CAA, isto é, a borracha foi analisada como uma matéria-prima de impacto nulo, incorporando o impacto de produção apenas referente ao consumo energético e o transporte. Esta decisão está vinculada ao escopo do trabalho, de avaliar o impacto do CAA e não de diferentes alternativas de fim-de-vida para os pneus inservíveis. O uso de uma maior escala produtiva e mais eficiente energeticamente da reciclagem do pneu, e ainda, com o provimento da energia de fontes renováveis, beneficiaria o aspecto ambiental do uso do BRRP no CAA.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos agradecimentos à FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo) pelo fomento da bolsa de pesquisador capixaba, à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de mestrado, e à ACV Brasil que forneceu a ferramenta computacional para realizar as simulações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-TAYEB *et al.* Effect of partial replacement of sand by recycled fine crumb rubber on the performance of hybrid rubberized-normal concrete under impact load: experiment and simulation. Journal of Cleaner Production, n. 59, p 284-289, 2013.

CELIK, K. *et al.* Mechanical properties, durability, and life-cycle assessment of self-consolidating concrete mixtures made with blended Portland cements containing fly ash and limestone powder. Cement & Concrete Composites, n. 56, p. 59–72, 2015.

CHEN, C. *et al.* LCA allocation procedure used as an incitative method for waste recycling: An application to mineral additions in concrete. Res, Cons. Rec., n. 54, p. 1231–1240, 2010.

COELHO, F. Z. Avaliação do ciclo de vida cradle-to-gate de traços de concretos autoadensáveis com incorporação de resíduos e subprodutos industriais. Vitória, 174p., 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo.

CORTI, A.; LOMBARDI, L. End life tyres: Alternative final disposal processes compared by LCA. Energy, n.29, p. 2089-2108, 2004.

FERALDI, R. *et al.* Comparative LCA of treatment options for US scrap tires: material recycling and tire-derived fuel combustion. Int. Journal of Life Cycle Assessment. n. 18, p. 613-625, 2013.

HABERT, G.; D'ESPINOSE DE LACAILLERIE, J. B.; ROUSSEL, N. An environmental evaluation of geopolymer based concrete production: reviewing current research trends. Journal of Cleaner Production, n. 19, p. 1229-1238, 2011.

HEATH, A.; PAINE, K.; MCMANUS, M. Minimising the global warming potential of clay based geopolymers. Journal of Cleaner Production. n. 78, p. 75-83, 2014.

ISMAIL, M. K.; HASSAN, A. A. A. Use of metakaolin on enhancing the mechanical properties of self-consolidating concrete containing high percentages of crumb rubber. Journal of Cleaner Production, n. 125, p. 282-295, 2016.

ISO (International Organization for Standardization) 2014. Environmental management for concrete and concrete structures – Part 2: System boundary and inventory data. ISO 13315-2.

ISO (International Organization for Standardization) 2006a. Environmental management - life cycle assessment - principles and framework. ISO 14040

ISO (International Organization for Standardization) 2006b. Environmental management - life cycle assessment - requirements and guidelines. ISO 14044

JOLLIET, O. *et al.* IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. International Journal of LCA, v. 8, n. 6, p. 324-330, 2003.

MORENO RUIZ, E. *et al*. Documentation of changes implemented in ecoinvent database 3.2. Ecoinvent Centre, Zürich, Switzerland. 2015

SIDDIQUE, R.; NAIK, T.R. Properties of concrete containing scrap-tire rubber – an overview. Waste Management. n. 24, p. 563-569, 2004.

SILVA, F. M. et al. Investigation on the properties of concrete tactile paving blocks made with recycled tire rubber. Construction and Building Materials, n. 91, p 71-79, 2015.

SIMAPRO (2016) Faculty, Version 8.2.0.0. Developed by PRéConsultants.

THOMAS, B. S.; GUPTA, R. C. A comprehensive review on the applications of waste tire rubber

in cement concrete. Renewable and Sustainable Energy Reviews, n. 54, p.1323-1333, 2016.

VIEIRA, D. R.; CALMON, J. L.; COELHO, F. Z. Life cycle assessment (LCA) applied to the manufacturing of common and ecological concrete: A review. Construction and Building Materials, n. 124, p. 656–666, 2016.

WHIRLSTON. Small Scale Tire Recycling Line. Disponível em: <http://www.tirerecyclingmachines.com/product/Small-Scale-Tire-Recycling-Line.html>. Acessado em 22 de março de 2016.

YUNG, W. H.; YUNG, L. C.; HUA, L.H. A study of the durability properties of waste tire rubber applied to self-compacting concrete. Construction and Building Materials, n. 41, p. 665–672, 2013.

160. AVALIAÇÃO DE ENERGIA E CO_2 INCORPORADOS NA FASE PRÉ-OPERACIONAL DE EDIFICAÇÕES UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM

CORTES CAVALCANTE, Marianne[1](marianneccavalcante@gmail.com); KALLAS FONSECA, Lucas*[1] (lucaskallasfonseca@gmail.com; CALMON, João Luiz[1](calmonbarcelona@gmail.com)*
[1]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O estudo de novas soluções para minimizar impactos ambientais associados à construção civil é cada vez mais presente e necessário. Neste cenário, o uso do BIM pode facilitar a adoção de medidas mitigadoras e de adequação ambiental, através da incorporação de soluções em um modelo virtual, a partir dos resultados de uma análise do ciclo de vida (ACV). Este artigo objetiva mensurar a energia e CO_2 incorporados para três diferentes métodos construtivos, considerando a fase pré-operacional da edificação: concreto armado e alvenaria convencional; alvenaria estrutural; painéis de concreto estruturais pré-fabricados. A pesquisa foi desenvolvida a partir da modelagem computacional de uma edificação residencial unifamiliar de interesse social no software Autodesk Revit, onde foram inseridos dados de energia e CO_2 incorporados dos materiais de cada modelo construtivo por meio de parâmetros compartilhados. Os dados foram extraídos da base de dados Ecoinvent e da literatura, e aproximados à realidade brasileira. Os resultados mostraram que, dentre os métodos construtivos modelados, os painéis de concreto estruturais possuem a menor quantidade de energia incorporada e a alvenaria estrutural de concreto emite o menor valor de CO_2 incorporado.
Palavras-chave: Building Information Modeling (BIM); Análise do Ciclo de Vida (ACV); Energia Incorporada; CO_2 Incorporado.

EVALUATION OF EMBODIED ENERGY AND INCORPORATED CO_2 AT BUILDINGS PRE-OPERATIONAL PHASE USING THE BIM PLATFORM

ABSTRACT
The study of new solutions to reduce environmental impacts associated with civil construction is increasingly present and necessary. In this scene, BIM use facilitates the adoption of mitigating measures and environmental suitability, through the incorporation of solutions into a virtual model, based on life cycle assessment (LCA) results. This article aims to measure the embodied energy and incorporated CO_2 for different construction methods, considering a buildings pre-operational phase. The research was developed from the computational modeling of a single-family building with Autodesk Revit software, where data of materials embodied energy and incorporated CO_2 of each constructive model were inserted through shared parameters. The data were extracted from Ecoinvent database and the literature, and approximated to the Brazilian reality. The results showed, among the constructive methods modeled, structural concrete panels have a smaller amount of embodied energy and structural concrete masonry emits the lowest value of incorporated CO_2. **Keywords:** Building Information Modeling (BIM); Life Cycle Assessment (LCA); Embodied Energy; Incorporated CO_2.

1. INTRODUÇÃO

Durante o ciclo de vida de uma edificação, a produção e transporte de materiais, construção, uso e operação e demolição geram quantidades consideráveis de cargas ambientais e consomem de energia e outros recursos. Para reduzir o consumo de recursos, a indústria da construção civil vem buscando soluções para a produção edificações mais eficientes e de menor impacto ambiental.

Pesquisas vêm demonstrando uma complexa e entrelaçada relação entre o ambiente construído e as alterações climáticas (STERN, 2006), visto que as construções são fontes significantes de emissões de GHGs[8] (*greenhouse gases*) (ROBERT; KUMMERT, 2012; WONG; ZHOU, 2015) e um dos maiores consumidores de energia comercial (SPENCE; MULLIGAN, 1995;). Ao mesmo tempo, o setor pode promover grandes economias e mitigações das mudanças climáticas no curto e médio prazo (ÜRGE-VORSATZ et al., 2011; ABANDA; TAH; KEIVANI, 2013), principalmente a partir do uso de tecnologias e ferramentas que aumentam o desempenho sustentável de um edifício, como a Análise do Ciclo de Vida (ACV) e o Building Information Modeling (BIM).

Baseada em modelos computacionais e bases de dados, a Análise do Ciclo de Vida (ACV), desenvolvida pela *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) é uma metodologia holística de análise de impactos de um produto, que permite avaliar a carga ambiental de processos e produtos durante seu ciclo de vida (IEA, 2006; AIA, 2010; SONNEMANN et al., 2014), pode ser aplicada tanto aos materiais ou produtos do edifício, quanto para uma edificação por completo.

A análise de impactos de uma edificação é divida em três estágios: fase incorporada; fase operacional, e fase do fim da vida (CROWTHER, 1999; DING, 2004). Seguindo essa divisão, as emissões de carbono podem ser caracterizadas como: carbono incorporado (CI), que são emissões relacionadas às matérias-primas, produção de materiais, transporte e construção; carbono operacional relacionado às emissões durante o uso e demolição; e o carbono referente à demolição, disposição de resíduos e processos de reciclagem. O carbono incorporado representa 10-20% das emissões totais em uma edificação (PENG; WU, 2015; PENG, 2016). Quanto ao indicador de energia, para o ciclo de vida de uma edificação inclui-se: energia incorporada (EI), na qual está incluída a energia consumida em pelos materiais do edifício durante o processo de fabricação, construção; e demolição e disposição final; e energia operacional (EO), gasta durante a operação e manutenção do ambiente construído (CROWTHER, 1999; DING, 2004; DIXIT et al., 2010). Já para Cole, Kernan (1996), Huberman, Pearlmutter (2008), Eleftheriadis; Mumovic; Greening (2016), existem três estágios do ciclo de vida: pré-uso (energia incorporada); uso (energia operacional) e pós-uso. Segundo os autores, a fase pré-operacional correspondente à 10-20% da energia consumida durante o ciclo de vida.

Como grande parte dos impactos decorrentes das edificações são determinados por decisões tomadas nas fases iniciais de projeto (BASBAGILL et al., 2013), a tecnologia Building Information Modeling (BIM) propicia novos meios para predição, gerenciamento e monitoramento de impactos ambientais da construção, análise de performance e mensuração da sustentabilidade da construção (AZHAR; BROW; SATTINENI, 2010) através de uma tecnologia de prototipagem e visualização virtual (WONG; ZHOU, 2015). Embora esse modelo computacional possa ser utilizado para demonstrar todo o ciclo de vida de um edifício (BAZJANAC, 2006), o BIM tem sido mais utilizado nas fases iniciais, principalmente para documentação e compatibilização de projetos (EADIE et al, 2013; VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014).

[8] GHG refere-se a gases que contribuem para o efeito estufa, sendo formados principalmente por CO_2 (dióxido de carbono), que corresponde a cerca de 75% das emissões, N_2O (oxido nitroso) e CH_4 (metano) e outros gases como CFs e HFCs (AZEVEDO, 2013).

Ao mesmo tempo que o BIM pode auxiliar na modelagem e extração de informações e quantitativos, os resultados da ACV podem colaborar para tomadas de decisão nas fases de projeto visto que permite uma visualização precoce dos impactos ambientais consequentes das decisões construtivas (BASBAGILL et al., 2012; ANTON; DIAZ, 2014).
Dentre as pesquisas sobre a integração entre ACV e BIM, é importante destacar o trabalho de Bernstein (2005) que introduz o conceito de Green-BIM com uma abordagem sobre o projeto sustentável, e o estudo de Penttil, Peter e Elger (2008), que demonstra, através de um estudo de caso, a possibilidade de uso do BIM para estimativas de custo e avaliação ambiental. Anton e Dìaz analisam as duas metodologias (BIM e ACV), identificam como cada ferramenta deve ser utilizada em cada fase de projeto e destacam as vantagens de integração entre ambas. Wang; Shen; Barryman (2011) e Basbagill et al., (2012) analisaram o consumo de energia e as emissões de CO_2 na fase operacional de um prédio universitário avaliando os resultados para diferentes configurações projetuais a partir da integração do BIM com software Ecotect e concluíram que o desempenho do edifício é afetado por parâmetros de projeto. Quanto aos pesquisadores brasileiros, Tavares (2006) em sua tese de doutorado analisa a base de dados internacional e através de um estudo de caso, adapta os dados à realidade brasileira. A integração desses dados com o BIM é estudada por Marcos (2009) que avalia as emissões de CO_2 incorporado de uma edificação simulada em dois sistemas construtivos a fim de identificar qual método apresentava menor valor de emissão. Araújo, Tavares (2016) também utilizam os dados de Tavares (2006) em um estudo de caso experimental que apresenta uma metodologia para cálculo de energia incorporada na fase pré-operacional de uma edificação.
Destaca-se que a maior parte dos estudos de integração de ACV e BIM abordam uma fase do ciclo de vida, ou um indicador específico, avaliando ou CO_2 ou energia incorporada, sendo necessárias pesquisas que ampliem a avaliação para todas as fases do ciclo de vida e mensurem o carbono e a energia incorporados a partir da integração entre as metodologias.

2. OBJETIVO

Este trabalho objetiva mensurar as quantidades de emissão de carbono incorporado e de consumo energia incorporada durante a fase pré-operacional de uma edificação, a partir da modelagem computacional de tal edificação na plataforma BIM de três diferentes métodos construtivos.

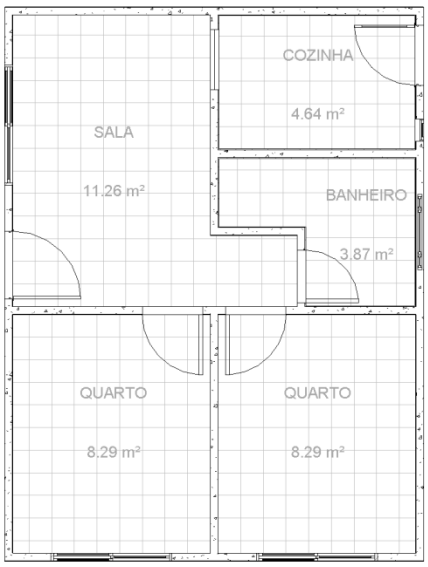
3. MÉTODO DE PESQUISA

Seguindo o critério de fases da ACV definidos pela ISO 14040 (definição de escopo e objetivo; Inventário; de Avaliação de Impacto e Interpretação), definiu-se no escopo de trabalho a fase pré-operacional de, a unidade funcional como uma edificação residencial unifamiliar de interesse social. O projeto arquitetônico modelo foi baseado em projetos de habitação de interesse social da COHAB MG, sendo uma residência unifamiliar um pavimento, com 40,79 m^2 composta por: 2 quartos, 1 banheiro, sala e cozinha, como mostra a Figura 1. O projeto foi obtido no site do órgão (COHAB, Acesso em 12 de setembro de 2016). Destaca-se que as fases operacionais e pós-operacionais não foram consideradas para o cálculo.
O software BIM Autodesk© Revit®[9] foi usado para a modelagem da edificação e extração de quantitativos. A fim de identificar as diferenças entre impactos ambientais dentre processos construtivos, três modelos foram escolhidos: sistema estrutural em concreto armado com

[9] Software de modelagem BIM da empresa Autodesk (AUTODESK, Acesso em 10 de outubro de 2016)

fechamento em alvenaria de tijolos cerâmicos (modelo 1); alvenaria estrutural de blocos de concreto (modelo 2); e painéis estruturais de concreto armado pré-fabricados (modelo 3).
Quanto as unidades de cálculo, a emissão de CO_2 é calculada quilograma (kg), enquanto a energia incorporada é levantada em megajoule (MJ).

Figura 1. Modelo arquitetônico utilizado



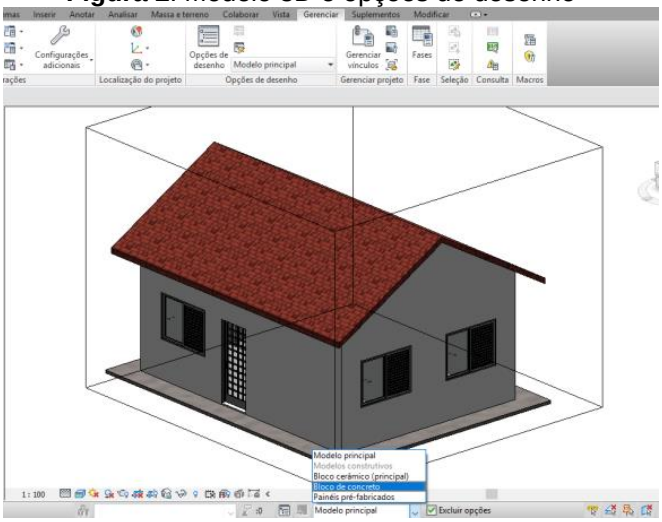
3.1 Modelagem da edificação em BIM

A modelagem dos três métodos construtivos foi realizada em um mesmo arquivo no software Autodesk® Revit® com o uso da função “Opções de Desenho”, onde cada modelo é visualizado separadamente, como mostra a Figura 2.
Foram modelados os seguintes elementos construtivos: sistema de fechamento vertical, pisos, estrutura, fundação, esquadrias, forro e telhado. As variações construtivas englobaram as composições de parede e estrutura, mantendo-se os demais elementos equivalentes em todos os modelos. Todos os elementos ou composições utilizadas originaram-se das bibliotecas do programa ou foram criados dentro do software, e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Materiais utilizados na modelagem

	Modelo 1	**Modelo 2**	**Modelo 3**
Parede	Blocos cerâmicos	Blocos de concreto estruturais	Painéis pré-fabricados de concreto armado
Piso/Fundação	Contra-piso e revestimento cerâmico	Contra-piso e revestimento cerâmico	Contra-piso e revestimento cerâmico
Estrutura	Vigas e pilares em concreto armado	Blocos de concreto estruturais	Painéis pré-fabricados de concreto armado
Fundação	Radier	Radier	Radier
Portas	Alumínio e Madeira	Alumínio e Madeira	Alumínio e Madeira
Janelas	Vidro e alumínio	Vidro e alumínio	Vidro e alumínio
Forro	Gesso	Gesso	Gesso
Telhado	Madeira e telha colonial	Madeira	Madeira

Figura 2. Modelo 3D e opções de desenho



3.2 Criação de parâmetros de energia e carbono incorporado

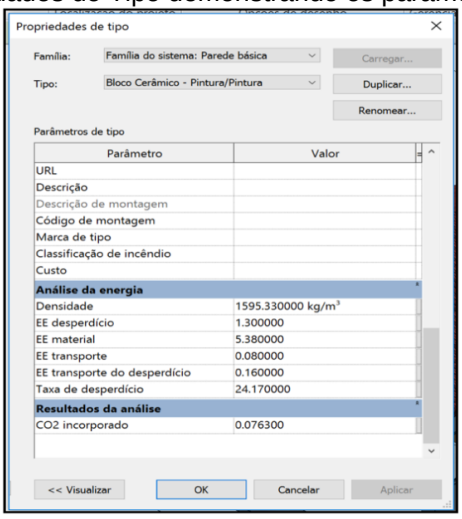
A extração de quantitativos de energia e carbono incorporados foi possibilitada pela criação de parâmetros referentes a esses indicadores.

Inicialmente foram criados “parâmetros compartilhados”, que podem ser utilizados por todas as famílias de elementos construtivos. Na aba de “Gerenciamento” o software oferece a opção de “Parâmetros Compartilhados”, e a partir dessa ferramenta foram criados os seguintes índices: densidade; Energia Incorporada (EI) de Desperdício; Energia Incorporada (EI) do Material; Energia Incorporada (EI) de Transporte; Energia Incorporada (EI) do desperdício no transporte; e CO_2 Incorporado.

Para que tais parâmetros sejam contabilizados nas tabelas, é necessário adicioná-los às informações de cada categoria de elementos (famílias) a partir da criação de “Parâmetros de Tipo”, como mostra a Figura 3. Os parâmetros criados são comuns às três “Opções de Desenho” modeladas.

Destaca-se que o programa não permite a criação de parâmetros compartilhados por material, mas apenas por composições, ou seja, famílias.

Figura 3. Janela de Propriedades do Tipo demonstrando os parâmetros compartilhados criados



3.3 Cálculos e obtenção de dados

Após a criação de parâmetros, foram atribuídos os valores de energia e carbono incorporado definitos por Tavares (2006). Elementos não abordados pelo autor, como as esquadrias, foram extraídos do software SimaPRO®[10], fundamentado na base de dados Ecoinvent[11].

Enquanto os dados da pesquisa de Tavares (2006) são referentes aos materiais de construção, no Revit® a criação de parâmetros compartilhados corresponde à composição do elemento. Assim para a obtenção de dados é necessário definir a composição de cada elemento construtivo e calcular a fração de cada material. A obtenção do resultado final está condicionada ao cálculo da porcentagem referente a cada elemento após o somatório das espessuras de todos os materiais, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Exemplo de composição de parede

Material	Bloco cerâmico	Reboco	Argamassa	Pintura	Total
Espessura (m)	0,09	0,05	0,005	0,005	0,15
Espessura (%)	60	33,3	3,33	3,33	100

3.4 Cálculo de Energia e CO_2 Incorporados

Com o resultado da fração que cada material representa em cada composição é possível calcular a energia e CO_2 incorporados de uma composição. Por exemplo, EI do elemento parede corresponde ao somatório das energias embutidas de cada material que a compõe, como demonstrado na Equação 1, onde **EI** representa a energia incorporada e **t** representa a espessura de cada material:

$$EI_{PAREDE} = EI_{BLOCO} \times t_{BLOCO} + EI_{REBOCO} \times t_{REBOCO} + EI_{ARG} \times t_{ARG} + EI_{PINTURA} \times t_{PINTURA} \quad \textbf{(1)}$$

[10] Software de Análise de Ciclo de Vida (SIMAPRO, Acesso em 11 de outubro de 2016).
[11] Ecoinvent é uma base de dados para cálculo do inventário da Análise do Ciclo de Vida (ECOINVENT, Acesso em 12 de outubro de 2016).

Este cálculo é realizado para os demais índices tal como a densidade; desperdício de material; EI de desperdício; EI de transporte como demonstrado na Tabela 3.
O cálculo de CO_2 incorporado (CI) é condicionado à fonte de combustível utilizada para a fabricação de cada material. Assim, as emissões de cada elemento correspondem ao somatório de das emissões de cada material que o compõe, como exemplificado na Equação 2, ao mesmo tempo que o total de emissões de cada material é resultado da soma das emissões de cada fonte combustível utilizada no seu processo produtivo. Os valores de CI de cada material foram baseados nos índices de Tavares (2006).

$$CI_{PAREDE} = CI_{BLOCO} + CI_{REBOCO} + CI_{ARG} + CI_{PINTURA} \quad \textbf{(2)}$$

Os cálculos são realizados em uma planilha a parte para cada elemento construtivo do modelo e após a obtenção dos valores, os dados são manualmente inseridos no Revit na "Propriedade de Tipo" de cada composição (família), como exemplificado na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros de ACV calculados para o elemento parede

Densidade (kg/m³)	EE (MJ/kg)	Desperdício (%)	$EI_{desperdício}$ (MJ/kg)	$EI_{transporte}$ (MJ/kg)	Emissão de CO_2 (kg/MJ)
1595,33	5,38	24,17	1,3	0,08	0,0763

Utilizando o recurso de levantamento de materiais e quantitativos, inerente à ferramenta BIM, são criadas tabelas para cada sistema construtivo, e obtidas as massas de cada elemento modelado utilizando dos valores de volume (calculados automaticamente pelo software) e densidade dos materiais, como mostrado na Figura 5.
Para a aferição dos valores de energia incorporada total (EI_{TOTAL}) o valor da massa de cada elemento é multiplicado pela soma de todos os parâmetros compartilhados, como mostra a Equação 3.

$$EI_{TOTAL} = Massa\ x\ (EI_{MATERIAL} + EI_{TRANSPORTE} + EI_{DESPERDÍCIO} + EI_{TRANSP.\ DESP.}) \quad \textbf{(3)}$$

Figura 5. Tabela de parede desenvolvida no software Revit®

<Tabela de parede>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
un	Volume	Densidade	Massa	CO2 incorporado	EE material	EE transporte	EE desperdício	EE transporte do desperdício	EE total	CO2 emitido
Bloco Cerâmico - Cerâmica/Cerâmica	1.14 m³	1,623.27 kg/m³	1852.96 kg	0.0349	3.62	0.08	0.74	0.16	8523.63	297.47 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Cerâmica	1.27 m³	1,609.50 kg/m³	2051.50 kg	0.0749	4.5	0.08	1	0.16	11775.59	881.99 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Cerâmica	0.52 m³	1,609.50 kg/m³	841.97 kg	0.0749	4.5	0.08	1	0.16	4832.91	361.98 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Cerâmica	0.79 m³	1,609.50 kg/m³	1279.38 kg	0.0749	4.5	0.08	1	0.16	7343.63	550.04 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Cerâmica	0.52 m³	1,609.50 kg/m³	829.90 kg	0.0749	4.5	0.08	1	0.16	4763.62	356.79 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Cerâmica	0.18 m³	1,609.50 kg/m³	287.18 kg	0.0749	4.5	0.08	1	0.16	1648.38	123.46 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Cerâmica	1.48 m³	1,609.50 kg/m³	2378.29 kg	0.0749	4.5	0.08	1	0.16	13651.39	1022.49 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Pintura	2.38 m³	1,595.33 kg/m³	3795.79 kg	0.0763	5.38	0.08	1.3	0.16	26266.89	2004.16 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Pintura	2.44 m³	1,595.33 kg/m³	3893.70 kg	0.0763	5.38	0.08	1.3	0.16	26944.38	2055.86 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Pintura	1.42 m³	1,595.33 kg/m³	2258.81 kg	0.0763	5.38	0.08	1.3	0.16	15630.96	1192.64 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Pintura	1.12 m³	1,595.33 kg/m³	1791.76 kg	0.0763	5.38	0.08	1.3	0.16	12398.94	946.04 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Pintura	1.37 m³	1,595.33 kg/m³	2179.79 kg	0.0763	5.38	0.08	1.3	0.16	15084.11	1150.92 kg
Bloco Cerâmico - Pintura/Pintura	0.80 m³	1,595.33 kg/m³	1271.52 kg	0.0763	5.38	0.08	1.3	0.16	8798.90	671.36 kg
Total geral: 13			24712.53 kg						157663.35	11615.21 kg

Para o cálculo total de emissões ($CO_{2EMITIDO}$), multiplicou-se o valor total de energia incorporada pelo valor total de CO_2 Incorporado, como mostra a Equação 4.

$$CO_{2EMITIDO} = EI_{TOTAL}\ x\ CI_{TOTAL} \quad \textbf{(4)}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia empregada nesse trabalho demonstrou a possibilidade de obtenção de dados de energia e carbono incorporados a partir da criação de parâmetros compartilhados e tabelas dentro de um software BIM.

Após a análise feita pelo programa e a soma dos valores de energia e carbono incorporados em cada um dos modelos construtivos, chegou-se aos resultados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. EE_{TOTAL} e emissão de CO_2

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	EE_{TOTAL} (MJ)	**CO_2 (kg)**	**EE_{TOTAL} (MJ)**	**CO_2 (kg)**	**EE_{TOTAL} (MJ)**	**CO_2 (kg)**
Piso	50462,44	3684,7	50468,38	3685,18	50815,73	3709,48
Paredes	157663,35	11615,21	180536,92	13189,01	141165,48	13595,52
Pilares	9056,26	661,11	-	-	-	-
Vigas	29165,91	2129,11	-	-	-	-
Portas	10413,94	500,7	10413,94	500,7	10413,94	500,7
Janelas	9428,98	454,57	9428,98	454,57	9428,98	454,57
Forro	4724,35	227,16	4724,35	227,16	4724,35	238,4
Telhado	92693,49	7261,14	92693,49	7261,14	92693,49	7261,14
Total	**363608,72**	**26533,7**	**348266,06**	**25317,76**	**309241,97**	**25759,81**

Os cálculos demostraram que a edificação em painéis pré-fabricados de concreto armado possui o menor valor de energia incorporada em relação aos outros dois sistemas, apresentando 309241,97 MJ ou 309,42 GJ de energia incorporada, que dividido pela área total da edificação corresponde a 7,58 Gj/m².

Ao comparar o valor obtido com a pesquisa de Dixit et al. (2010), que compila os dados de energia incorporada de vários autores, constata-se que o valor se encontra próximo à média (5,4GJ/m²) e desvio padrão calculado (1,56 GJ/m²). Segundo os autores, a grande variabilidade de valores é consequente de diferentes abordagens quanto aos conceitos de energia incorporada, às disparidades entre os países de análise, bem como as composições e materiais considerados na análise.

Quanto ao índice de carbono incorporado, a edificação modelada em blocos de concreto apresentou o menor valor equivalente a 25317,76 kg ou 25,4 t, que dividido pela área total corresponde a 620,68 kg/m². Esse resultado demonstra um resultado coerente e próximo à pesquisa brasileira de Marcos (2009), que analisou o valor de emissão de CO_2 para uma construção em alvenaria convencional e encontrou o valor igual 562Kg/m².

5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta a integração entre o método de Analise de Ciclo de Vida com o BIM para a estimação de valores de energia e carbono incorporados de diferentes modelos construtivos para uma mesma edificação. Os resultados obtidos identificaram que, dentre os métodos construtivos avaliados, os painéis pré-fabricados de concreto apresentam o menor valor para energia incorporada e a alvenaria de concreto estrutural emite menor quantidade de carbono incorporado.

Os resultados obtidos nessa pesquisa são satisfatórios visto que o método demostrou que o uso conjunto do BIM e ACV nas fases preliminares de um projeto auxilia nas tomadas de decisão principalmente nas escolhas dos materiais e tecnologias construtivas. O uso do BIM facilitou a extração e inserção de dados mais precisos, legitimando que essa metodologia/processo promove

a redução de esforços, economia de tempo, precisão e organização das informações e aumento das performances da construção. Destacam-se como limitações do estudo a falta de interoperabilidade entre o Revit® e o SimaPRO, a necessidade de utilização de uma planilha externa e a de inserção manual de dados.
O estudo contribui para impulsionar a análise dos impactos ambientais das edificações nos primeiros estágios de projeto, visto que propicia a predição de impactos da edificação, possibilitando a construção de edificações mais eficientes. Pesquisas futuras devem abordar questões de interoperabilidade entre softwares e uma maior integração entre as metodologias para avaliar todas as fases do ciclo de vida da edificação, incluindo energia consumida e impactos causados durante o uso do edifício e nas fases posteriores de desconstrução e reciclagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKBARNEZHAD A.; ONG K., CHANDRA L.; LIN Z., Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling. Automation in Construction. N.37, p. 131–144, 2014.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, AIA, Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice, American Institute of Architects. Washington, DC, 2010.

ANTON, L. A.; DIAZ, J.; Integration of life cycle assessment in a BIM environment; Creative Construction Conference 2014, CC2014. Procedia Engineering. N.85, p. 26-32, 2014.

ARAÚJO, A.; TAVARES, S. Building Life Cycle Assessment on pre-operation phase using BIM. SBE Series. P. 519-528, 2016.

AYRES, C. Acesso ao Modelo Integrado do Edifício. Curitiba, 140 p., 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

AZEVEDO, T. GHG Protocol. Disponível em: <http://ghgprotocolbrasil.com.br/quanto-omundo-emite-de-gases-de-efeito-estufa?locale=pt-br>. Acesso em 10 de dezembro de 2016.

AZHAR, S.; BROWN, J.; SATTINENI, A. A case study of building performance analyses using building information modeling. Symposium on Automation and Robotics in Construction. N. 27, ß 25-27, 2010.

BASBAGILL, J.; FLAGER, F.; LEPECH, M.; FISCHER, M. Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts. Building and Environment. N. 60, p. 81-92, 2013.

COLE, J.; KERNAN, J. Life-cycle energy use in office buildings. Build Environ. N.31, p. 307–17, 1996.

CROWTHER, P. Design for disassembly to recover embodied energy. Conference on Passive and Low Energy Architecture. N. 16, 1999.

DING, G. The development of a multi-criteria approach for the measurement of sustainable performance for built projects and facilities. Sydney, 312 p., 2004. Ph.D.Thesis - University of Technology, Australia.

DIXIT, M. K.;FERNÁNDEZ-SOLÍS, J. L.; LAVY, S.; CULP, C. H. Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. Energy and Buildings, V.42, N.8, p. 1238-1247. 2010.

ECOINVENT. Disponível em: http://www.ecoinvent.org/. Acesso em 13 de outubro de 2016.

HOBDAY, R. Energy related environmental impact of buildings, technical synthesis report annex 31. Disponível em: http://www.ecbcs.org/docs/annex_31_tsr_web.pdf/. Acesso em 02 de novembro de 2016.

HUBERMAN, N.; PEARLMUTTER, D. A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert. Energy and Buildings, V. 40, N. 5, p. 837–848, 2008.

MARCOS, M. H. C. Análise da emissão de CO2 na fase pré-operacional da construção de habitações de interesse social através da utilização de uma ferramenta CAD-BIM. Anais do 13º Congresso da Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital. SiGraDi. São Paulo, 2009.

MARCOS, M. Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM, 138 p., 2015. Dissertação (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, E.; SCHEER, S.; TAVARES, S. Avaliação de impactos ambientais pré-operacionais em projetos de edificações e a modelagem da informação da construção. TIC. 2015.

PENTTIL, H.; PETER, M.; ELGER, D. Evaluating VBE and BIM-frameworks: A cost estimation case study and reflections to environmental issues. CAADRIA. 2008

PENTTILÄ, H. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. J. Inf. Technol. Constr. N.11, p. 395–408, 2006.

REVIT. Disponível em: http://www.autodesk.com.br/products/revit-family/overview/. Acesso em 10 de outubro de 2016.

ROBERT, A.; KUMMERT, M. Designing net-zero energy buildings for future climate, not for the past. Building and Environment. N. 55, p. 150–158, 2012.

SIMAPRO. The world's most widely used LCA Software. Disponível em: http://www.simapro.co.uk/. Acesso em 11 de outubro de 2016.

SONNEMANN, G.; CASTELLS, F.; SCHUHMACHER, M.; HAUSCHILD, M. Integrated life-cycle and risk assessment for industrial processes. The International Journal of Life Cycle Assessment. N. 9(3), p. 206-207, 2004

SPENCE R.; MULLIGAN H. Sustainable development and the construction industry. Habitat International. N.19, p. 279–292, 1995.

STERN, T. The economics of climate change: The Stern review. UK: Cambridge University Press. 2006.

TAVARES, S. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras, 140 p., 2015. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

ÜRGE-VORSATZ, D.; HARVEY, D.; MIRASGEDIS, S.; LEVINE, D. Mitigating CO_2 emissions from energy use in the world's buildings. Building Research and Information. N. 35, p. 379–398, 2007.

WANG, E.; SHEN, Z.; BARRYMAN, C. A building LCA case study using Autodesk Ecotect and BIM model. ASC. Abril, 2011.

WONG, W.; ZHOU, J. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. Automation in Construction. N.57, p. 156–165, 2015.

187. AVALIAÇÕES DINÂMICAS DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO PROTÓTIPO DE CASA POPULAR EFICIENTE DA UFSM

SOUZA, Matheus Cargnelutti de[1](matheuscargnelutti@hotmail.com); GRIGOLETTI, Giane de Campos[1] (giane.c.grigoletti@ufsm.br); VAGHETTI, Marcos Alberto Oss[1] (marcos.vaghetti@ufsm.br).

[1] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

RESUMO

No Brasil, existem poucas pesquisas relacionadas ao desempenho de iluminação natural utilizando análises dinâmicas, principalmente para ambientes residenciais, e que pode contribuir para a melhoria da eficiência energética nesse tipo de edificação. O objetivo deste estudo é avaliar a iluminação natural disponível em um protótipo de HIS, conhecido como Casa Popular Eficiente, construído em Santa Maria, RS, através de variáveis dinâmicas de iluminação natural, *Useful Daylight Iluminances* (UDI) e *Daylight Autonomy* (DA). Para tanto, usou-se método do papel branco. Foram realizadas medições de iluminância refletida nas superfícies internas do protótipo, com luxímetro portátil, em 260 pontos. Com esse procedimento obteve-se as refletâncias de cada tipo de material existente no local. Elaborou-se uma maquete eletrônica do protótipo, utilizada no programa *Rhinoceros* com o *plugin Diva* instalado em seu ambiente. Foram inseridos os materiais para cada tipo de superfície na maquete, configurando-se as refletâncias. Para realizar a avaliação de iluminação natural por simulações com o *plugin Diva for Rhino*, tem-se como suporte o algoritmo *Radiance* e a utilização um arquivo climático do tipo *SWERA* de Santa Maria. Foram analisadas por simulações, no interior de cada ambiente, as variantes de autonomia de iluminação natural, com níveis de iluminâncias preconizados pela NBR15.575, além de serem realizadas simulações de iluminâncias úteis de iluminação natural. O protótipo obteve bom desempenho no que se refere aos parâmetros de iluminâncias preconizados pela NBR15575 e aos parâmetros adotados para a iluminância útil. No entanto, considerando-se um DA de 300lux, algumas áreas destinadas a tarefas visuais como leitura e preparação de alimentos necessitariam de iluminação artificial ao longo do dia, atestando um desempenho lumínico insatisfatório. Os resultados desta pesquisa permitiram, de maneira geral, apontar deficiências recorrentes em HIS no que tange ao tamanho e posição de aberturas para captação de iluminação natural.

Palavras-chave: Iluminação natural, Simulação, Diva for Rhino

DYNAMIC EVALUATIONS OF NATURAL ILLUMINATION IN UFSM CASA POPULAR EFICIENTE PROTOTYPE

ABSTRACT

In Brazil, there is little research related to the performance of natural illumination using dynamic analysis, mainly for residential environments, and that can contribute to the improvement of energy efficiency in this type of building. The objective of this study is to evaluate the disponibility of daylighting inside a prototype housing, known as Casa Popular Eficiente, built in Santa Maria, RS, through useful daylight illuminance (UDI) and daylight autonomy (DA). For this purpose, the white paper method was used, where measurements were made with portable luxmeter in 260 points of illuminance reflected on the internal surfaces of the prototype, to obtain the reflectance of each type of material in place. An electronic model of the prototype was developed, used in the Rhinoceros program with the Diva plugin installed in its environment. The materials for each type

of surface were inserted in the model, and the reflections were set up. To perform the natural illumination evaluation by simulations with the Diva for Rhino plugin, the Radiance algorithm is supported and a SWERA Santa Maria climate file is used. In the interior of each environment, the variants of daylight autonomy with different levels of illuminance were analyzed, as well as simulations of useful daylight iluminances. The prototype obtained good performance with regard to the illuminance parameters recommended by NBR15575-1 and the parameters adopted for useful illuminance. However, whereas the DA 300 lux, areas for cooking and reading activities would have bigger glazing windows. Research results indicate that size and position of windows are problems of great relevance take into account daylighting energy efficiency.
Keywords: Natural Illumination; Simulation; Diva for Rhino.

1. INTRODUÇÃO

O protótipo de Casa Popular Eficiente surgiu de uma pesquisa iniciada na Universidade Luterana do Brasil (ULBRA/Curso de Arquitetura e Urbanismo) em 2008, e teve seguimento nos anos de 2009 e 2010 com a definição dos materiais e soluções sustentáveis, assim como a elaboração dos anteprojetos. Posteriormente, em 2011 na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/Curso de Engenharia Civil), foram elaborados os projetos arquitetônico e complementares definitivos do protótipo. Em 2012, o Grupo de Estudos e Pesquisas em Tecnologias Sustentáveis (GEPETECS) passou para a fase construtiva do protótipo, localizado no Centro de Eventos da UFSM. O protótipo foi inaugurado em dezembro de 2013, contemplando soluções que consideram o aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis em uma alternativa de moradia popular.

A partir de 2014, iniciou-se uma pesquisa relacionada ao desempenho da iluminação natural no interior do protótipo, através de uma dissertação de mestrado. Neste artigo serão apresentadas algumas análises realizadas com o uso do *plugin Diva for Rhino*, tendo-se como referências a NBR15575-1 (ABNT, 2013) e a IES LM-83-12 (*Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure*). De acordo com Jaramillo (2014, p. 35), “para fazer simulações dinâmicas é necessário definir dois aspectos: época do ano para análise e a escala de valores para determinar os níveis de iluminação natural que interesse”. Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006), realizaram um estudo onde recomendam identificar os momentos de maior ocupação das pessoas e exigência visual, quando se busca a época do ano. Quanto ao aspecto da escala de valores, existem duas unidades métricas que podem ser adotadas, a iluminância útil de iluminação natural (Useful Daylight Iluminances - UDI) e a Autonomia de Iluminação Natural (Daylight Autonomy - DA).

1.1 A Casa Popular Eficiente da UFSM

O protótipo, Fig. 1, utiliza materiais de baixo impacto ao meio ambiente, como tijolos de solo cimento, telha com Tetra Pak reciclado, forro de painéis OSB, tintas diluíveis em água e piso de PVC reciclado. Além disso, a construção reuniu diversas estratégias para a melhor utilização dos recursos naturais, como o aproveitamento da água da chuva, reaproveitamento de águas cinzas, uso da vegetação para proteção solar, emprego da ventilação e da luz natural e o uso da energia solar para aquecimento de água (VAGHETTI et al., 2013).

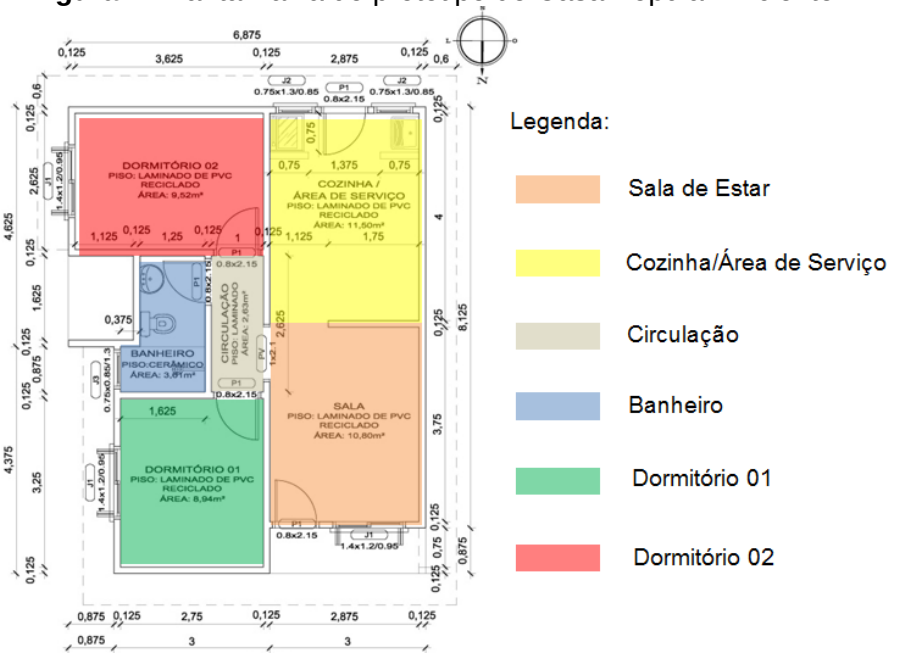
Figura 1. Fachadas da Casa Popular Eficiente.



Fonte: autores, 2015

O foco do projeto é minimizar os danos ao meio ambiente a partir de materiais alternativos na construção, sem que se perca a qualidade de vida dos moradores (GEPETECS, 2014). A Fig. 2 apresenta a planta baixa do protótipo, que consiste em uma habitação popular de 55,40m², distribuída em dois dormitórios, sala de estar, cozinha, área de serviço e um banheiro.

Figura 2. Planta Baixa do protótipo de Casa Popular Eficiente.



Fonte: adaptado de GEPETECS, 2014

1.2 A luz natural e a simulação computacional

Pelos níveis de iluminação natural serem dinâmicos, o desempenho da luz do dia deve ser considerado ao longo do tempo e não simplesmente através de um fator de luz diurna por exemplo. Um desempenho anual da iluminação natural integra variações de um ano completo, que é altamente dependente das condições climáticas locais, especialmente a luz fornecida a partir da luz solar direta contra o céu e as nuvens (IESNA, 2012).

O *plug-in Diva for Rhino* permite aos usuários realizarem uma série de avaliações de desempenho ambiental dos edifícios individuais ou em conjunto, incluindo simulações de iluminação natural

baseadas em arquivos climáticos, como *Useful Daylight Iluminances* e *Daylight Autonomy* (DIVA, 2016).

O *Daylight Autonomy* (DA) é identificado como a porcentagem de horas ocupadas por ano em que as iluminâncias no plano de trabalho atingem um valor predeterminado de iluminância, somente de iluminação natural (REINHART et al., 2006). Outra variável de análise é o *Useful Daylight Iluminances,* que simula a porcentagem de horas de um ano que a iluminância no plano de trabalho está entre 100 e 2.000 lux, faixa de iluminação considerada de conforto visual, sendo os valores acima de 2.000 lux e abaixo de 100 lux considerados zonas de desconforto. No intervalo entre 100lux e 500lux, os níveis podem necessitar de complementação da iluminação artificial, entre 500lux a 2.000lux, são considerados adequado ou pelo menos toleráveis (MARDALJEVIC; NABIL, 2005).

2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

2.1 Objetivo

Avaliar a iluminação natural disponível no protótipo Casa Popular Eficiente, construído na UFSM, através de variáveis dinâmicas de iluminação natural, *Useful Daylight Iluminances* (UDI) e *Daylight Autonomy* (DA).

2.2 Justificativa

Além do avanço nos estudos de procedimentos eficientes para o aproveitamento de uma iluminação que é produzida naturalmente pelo sol, não tem custo financeiro, nem consumo energético poluente ou geração de resíduos, este trabalho aplica uma metodologia de avaliação espacial anual de condições de iluminação natural, que traz agilidade na identificação de pontos de deficiência no que se refere ao desempenho lumínico de uma determinada edificação. Esta metodologia pode ser aplicada tanto em avaliações de edificações já existentes, como em projetos de arquitetura ao longo de sua concepção.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Levantamento e modelagem do protótipo

Realizou-se o levantamento físico da edificação avaliada com a conferência das dimensões reais *in sito*. Em seguida, deu-se início a modelagem tridimensional através do *software AutoCad® 2013*, com a definição dos *layers* por tipos de materiais, servindo como arquivo base para uma posterior exportação ao *software Rhinoceros*. Antes de iniciar os procedimentos de simulações no *Rhinoceros*, precisou-se obter os níveis de refletâncias de todos os tipos de superfícies da edificação em estudo. Usou-se pelo Método do Papel Branco para a coletas destes dados.

3.2 Aplicação do método do papel branco

De acordo com Ghisi e Lamberts (1998), para a execução do método do papel branco é necessário um luxímetro portátil e uma folha de papel branco. São feitas duas medições de iluminância refletida em um mesmo ponto, uma com o papel branco e outra da superfície desejada, ambas com a fotocélula do luxímetro (luxímetro portátil INSTRUTHERM, modelo LD210) voltada para a superfície que se deseja saber a refletância e afastada aproximadamente 10 cm da mesma, como mostra a Fig. 3, com as medições realizadas no protótipo de Casa Popular Eficiente da UFSM.

Figura 3. Respectivamente: Sala/Cozinha/Dormitório01/Circulação/Banheiro; Medições de iluminância refletida, pelo método do papel branco.



Fonte: autores, 2016

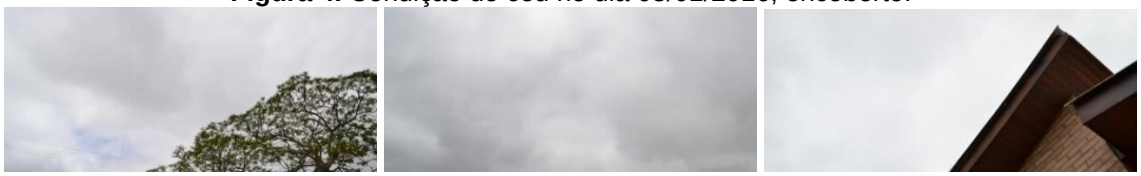
A partir disso, obtém-se a iluminância refletida pelo papel branco e em seguida a iluminância refletida pela superfície que se deseja descobrir a refletância. Ainda, segundo Ghisi e Lamberts (1998, p. 3), “admitindo-se a refletância do papel branco como sendo 90%, a refletância da superfície é determinada através de uma proporção como mostra a equação...” 1.

$$\rho_{sup} = \frac{90 \cdot E_{sup}}{E_{pb}} \quad (1)$$

Onde ρ_{sup} = Refletância da superfície (%); E_{sup} = Iluminância refletida pela superfície (lux); E_{pb} = Iluminância refletida pela superfície com papel branco (lux); 90 = Refletância do papel branco (%).

Conforme Pereira (2009, p. 15), “os dias com céu encoberto são caracterizados pela ausência de luz solar diretamente do sol. A luz do céu é tão uniformemente difundida, que o padrão de luminância do céu é visualmente simétrico em relação ao zênite”. Realizaram-se as medições de iluminância refletida no dia 8 de janeiro de 2016, entre 9h e 19h, por ser um dia com predominância de céu encoberto (vista do céu na Fig. 4) que favorece a uniformidade das iluminâncias e consequentemente reduz a possibilidade de variação dos resultados.
Para a execução do método exposto, são realizados 30 conjuntos de medições para cada tipo de superfície. Para superfícies com refletâncias uniformes este número cai para 10 conjuntos (GHISI, 1997).

Figura 4. Condição do céu no dia 08/01/2016, encoberto.



Fonte: autores, 2016

3.3 Configuração e inserção de dados no *plugin Diva for Rhino*

Após a modelagem da maquete eletrônica, foi utilizado o *plugin Diva for Rhino*, instalado no *software Rhinoceros*, o qual apresenta quatro ícones de uso, *Location, Nodes, Materials e Metrics*. O primeiro ícone, *Location*, é utilizado para a importação de um arquivo climático local. Para a pesquisa, foi utilizado o arquivo do tipo *SWERA.epw*, da cidade de Santa Maria, RS, obtido através do portal do Laboratório de Eficiência Energética em Edificação (LABEEE, 2016) da UFSC, onde podem ser encontrados os arquivos climáticos existentes de cidades brasileiras. Através do comando *Nodes*, são projetados os pontos de análises para as posteriores simulações. Definiu-se 75cm de altura dos pontos em relação ao piso, estabelecido pela NBR 15575-1, e aproximadamente 20cm de afastamento horizontal entre os pontos, para se obter curvas isolux com boa precisão. Com o ícone *Materials* são definidos os materiais para cada tipo de superfície, os quais foram separados por *layers* durante a modelagem tridimensional. Acessando o sistema *(C)/DIVA/Daylight/Material* nos documentos do computador, é possível configurar cada material com a sua devida refletância, como é estabelecido pelo *Radiance* no manual deste algoritmo (CRONE, 1992).

Após inserir o arquivo climático local, procedeu-se à distribuição dos pontos dos sensores em *Nodes*, aplicando-se todos os materiais configurados com o algoritmo *Radiance* em *Assign Materials*. Neste trabalho foram simulados a iluminância útil de iluminação natural (UDI) e a autonomia de iluminação natural (DA), através de *Metrics/Daylight Grid-Based/Climate-Based/Metric*.

3.4 Valores de referência para as análises

Os valores de referência para as análises foram obtidos da NBR 15.575 (ABNT, 2013), que apresenta três níveis de desempenho (60lux – mínimo, 90lux – intermediário, 120lux – superior) para a iluminância nas dependências sala de estar, dormitórios, cozinha e área de serviço, das construções habitacionais. Nas análises de DA, usou-se o critério constante no RTQ-R, para ambiente de permanência com janela sem proteção solar (no caso, a cozinha), de 70% das horas diurnas do ano com a superfície horizontal de referência apresentando níveis de iluminância de 60lux, 90lux e 120lux, pelo menos, 70% de sua área. Para ambientes de permanência prolongada que possuem janelas com proteção solar (no caso, dormitórios e sala), usou-se o critério do RTQ-R, que é 50% da área do ambiente durante 70% das horas diurnas do ano atingindo um dos valores três mencionados, conforme o nível de desempenho (BRASIL, 2010). Para UDI, a referência assumida é de 70% ou mais das horas diurnas do ano dentro de uma faixa de 100lux e 2.000lux (MARDALJEVIC; NABIL, 2005).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Refletâncias

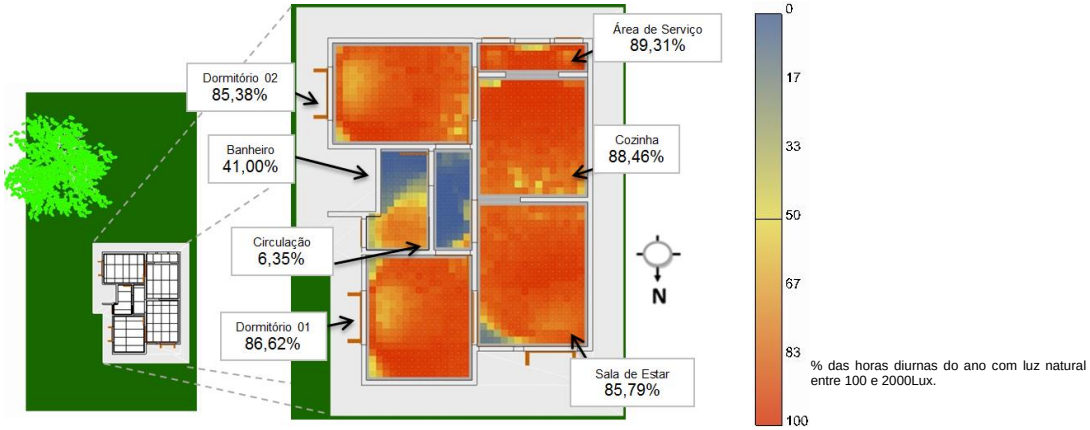
Foram realizados 130 conjuntos de medições de iluminância refletida, totalizando 260 medições, sendo 30 conjuntos em cada uma das superfícies seguintes, paredes de tijolo a vista, forro de chapas OSB e piso laminado de PVC reciclado, e 10 conjuntos em cada uma das superfícies uniformes ou com pequenas áreas de abrangência, sendo as paredes pintadas de branco com tinta de terra crua, a madeira das esquadrias, os revestimentos cerâmicos de parede e o piso cerâmico do banheiro.

As médias das refletâncias são necessárias para a aplicação dos materiais dentro do *plugin* Diva, e os resultados obtidos foram satisfatórios comparando-se a pesquisas realizadas por outros autores, como é apresentado por Pereira e Souza (2005), que referenciam estimativas de refletâncias por cores, onde uma parede pintada de branco, por exemplo, é descrita teoricamente por 80% de refletância estimada, e nesta medição obteve-se um resultado de 85%, podendo-se perceber a proximidade de resultados entre a medição e o referencial teórico.

4.2 Iluminância útil de iluminação natural - *Useful Daylight Iluminances (UDI)*

A simulação de *UDI* foi realizada para identificar as porcentagens de horas de um ano em que a iluminância no plano de trabalho está entre 100 e 2.000 lux (Fig. 5). Pode-se identificar um bom desempenho *UDI* nos ambientes de permanência prolongada (sala, cozinha e dormitórios), onde as áreas em vermelho apresentam iluminância entre 100 e 2.000 lux em 100% das horas do ano. Uma ligeira deficiência de *UDI* pode ser identificada nas regiões próximas às janelas e no fundo dos ambientes de maior profundidade (sala, cozinha e dormitório 02), podendo-se fazer um comparativo entre os dois dormitórios, com a mesma orientação solar, porém, com distinção de dimensionamento, tornando o dormitório 01 mais eficiente por suas áreas de deficiência serem próximas a janela, que possivelmente sejam caracterizadas por excesso de iluminâncias, apresentando uma homogeneidade maior e coloração avermelhada no restante do ambiente. Já no dormitório 02 há deficiência no fundo do ambiente, concluindo-se que será necessário acionar a iluminação artificial nesta região. Já no banheiro e circulação, observa-se alto índice de deficiência, o que poderemos concluir nas próximas análises, de *Daylight Autonomy.*

Figura 5. Simulação de UDI para o protótipo de Casa Popular Sustentável da UFSM.



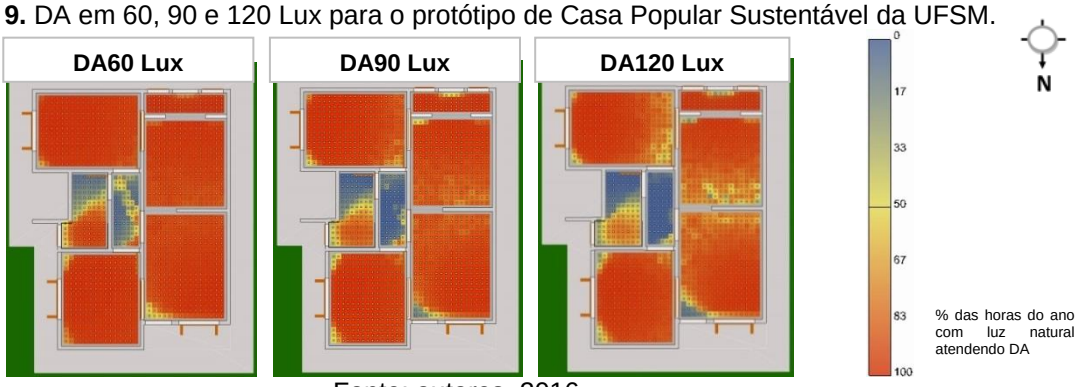
Fonte: autores, 2016

4.3 Autonomia de iluminação natural - *Daylight Autonomy (DA)*

Analisou-se os desempenhos em autonomia anual de iluminação natural seguindo os índices de iluminâncias internas de edificações habitacionais estabelecidos pela NBR15.575-1 (ABNT, 2013), onde são considerados para dormitórios, sala de estar e cozinha, o nível mínimo de iluminância de 60 lux, o nível intermediário a partir de 90 lux e o nível superior a partir de 120 lux. A Figura 9 apresenta as simulações de autonomia de iluminação natural para 60 lux, 90 lux e 120 lux.

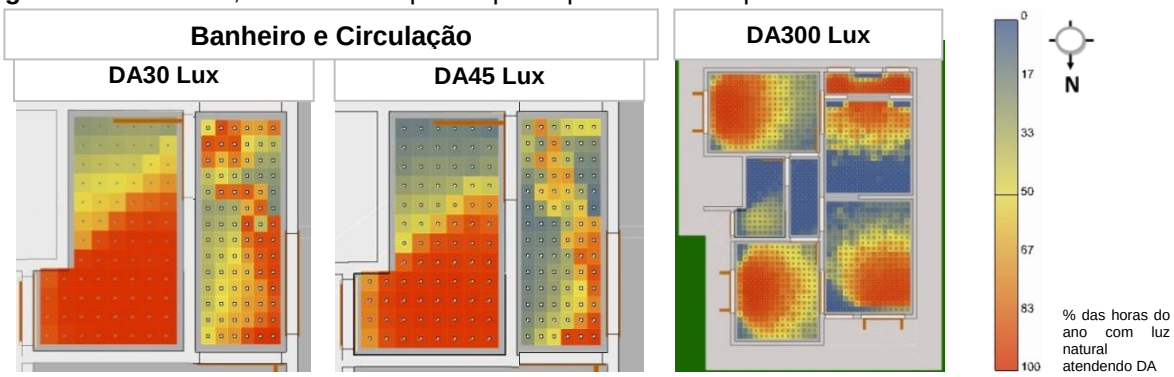
Pode-se verificar que, ao se considerar avaliações de desempenho com um sensor central em cada ambiente, como sugere a NBR15575-1, os ambientes de permanência prolongada atingiriam todos os índices estipulados pela norma, porém, ao se avaliar o fenômeno da iluminação natural de uma forma espacial, pode-se perceber as áreas deficientes, com necessidade de iluminação artificial ou de adequação projetual (nas plantas representadas pelas cores azul e amarelo). Também foram avaliadas as autonomias em 30 e 45 lux (índices intermediário e superior para os ambientes circulação e banheiro de acordo com a NBR15575-1), além de uma avaliação com 300lux, considerando-se áreas de estudo ou trabalho doméstico (Figura 10).

Figura 9. DA em 60, 90 e 120 Lux para o protótipo de Casa Popular Sustentável da UFSM.



Fonte: autores, 2016

Figura 10. DA em 30, 45 e 300 Lux para o protótipo de Casa Popular Sustentável da UFSM.



Fonte: autores, 2016

Nestas três simulações, pode-se perceber que as áreas que não estão em vermelho correspondem a pontos que não atingem 100% de autonomia, caso do banheiro e da circulação. Ainda se identifica as áreas com menor disponibilidade de iluminâncias elevadas, que aparecem em azul e em amarelo na simulação DA300 lux. Ao se identificar as áreas ou pontos deficientes, pode-se adequá-los trocando-se, por exemplo, as cores da pintura das paredes e do teto, bem como perceber possíveis ajustes no projeto, como aumentar a área das aberturas ou alterar a relação entre largura e profundidade dos ambientes.

5. CONCLUSÃO

Em *UDI* foram apontados bons resultados de iluminâncias úteis de iluminação natural, acima de 85% nos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço. Em *DA*, os parâmetros de desempenho mínimo, intermediário e superior de iluminâncias estipulados pela NBR15575-1, deveriam superar respectivamente os índices de autonomia em 60 lux, 90 lux e 120 lux, onde são indicadas as simulações nos pontos centrais dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço, desta forma, todos estes ambientes obtiveram autonomia de 100% ou índices bastante próximos disto. No banheiro e circulação não são estipulados índices mínimos de iluminância, mas pode-se observar pouca eficiência no desempenho intermediário e superior. Com DA 300 lux, pode-se concluir que possíveis áreas de estudo ou trabalho doméstico necessitariam de auxilio de iluminação artificial, sendo observadas as áreas azuladas desta simulação.

Os resultados desta pesquisa não se resumem apenas para a avaliação de uma edificação, mas uma forma de avaliar o desempenho da iluminação natural em meio ao grande número de construções que surgiram recentemente no país, e mapear as deficiências que possam ser aperfeiçoadas pelos projetistas, visando aprimorar a forma de pensar o projeto de arquitetura e torná-lo mais eficiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15575-1* - Edificações Habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. Portaria 395, de 11 de outubro de 2010. *Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais* (RTQ-R). Rio de Janeiro, 2010.

CRONE, S. M. D. *Radiance User's Manual*, Architectural Dissertation, Vol. 2, 1992. Disponível em: <http://radsite.lbl.gov/radiance/refer/usman2.pdf>. Acesso em 30 de maio de 2016.

DIVA FOR RHINO. *What is DIVA-for-Rhino?*, Cambridge, MA, USA, 2016. Disponível em: <http://diva4rhino.com/>. Acesso em 30 de maio de 2016.

GEPETECS. *Casa Popular Eficiente*. Santa Maria: UFSM, 2014. Disponível na Internet <http://coral.ufsm.br/gepetecs/index.php/projetos/casa-popular-eficiente>. Acesso em: 30 nov. 2014.

GHISI, E.; LAMBERTS, R. Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação. Anais 7º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis. p. 401-409, 1998.

GHISI, E. *Desenvolvimento de uma Metodologia para retrofit em sistemas de iluminação:* estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. 246 f., 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

IESNA *IES LM-83-12*. IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). New York, NY, USA, IESNA Lighting Measurement, 2012.

JARAMILLO, C. B. *Alterações na distribuição da luz natural causados pelos agrupamentos de estudantes em salas de aula.* 142 f., 2014. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. *Arquivos climáticos*. SWERA. Santa Maria, 2016. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivosclimaticos>. Acesso em: 30 de maio de 2016.

MARDALJEVIC, J; NABIL, A. *The Useful Daylight Illuminance Paradigm*: A Replacement for Daylight Factors. Institute of Energy and Sustainable Development (IESD), Leicester, Reino Unido, 2005.

PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. de. *Iluminação*. Florianópolis. Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e em Construção Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Apostila de Conforto Ambiental, 1995 / 2005.

PEREIRA, R. C. *Avaliação de Ferramentas de Simulação de Iluminação Natural por Meio de Mapeamento Digital de Luminâncias da Abóbada Celeste e Entorno*, 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

REINHART, Christoph F.; MARDALJEVIC, John; ROGERS, Zack. Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. *LEUKOS – Journal of Illuminating Engineering Society of North America, v.3, v.1, p. 7-31*, 2006.

VAGHETTI, M.A.O. et al. *Casa Popular Eficiente*: um benefício ambiental aliado a um custo mínimo (Módulo 4). Santa Maria: UFSM, 2014. Relatório Parcial de Pesquisa (Protocolo nº 28582 GAP/CT). Disponível em: <www.ufsm.br/gepetecs>. Acesso em: 1 jun. 2014.

212. DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EMEDIFICAÇÕES COMERCIAIS, PÚBLICAS E DE SERVIÇOS EM CIDADEMÉDIA DA ZONA BIOCLIMÁTICA 2

DE MOURA SCORTEGAGNA, Elisa[*1](emscortegagna@gmail.com); KALIL, Rosa Maria[1](kalil@upf.br); FRITSCH, Rodrigo Carlos[1](rcfritsch@upf.br); PEGLOW, Jaqueline[2] (jaquelinepeglow@gmail.com)*
[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[2]Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
No contexto de implementação do novo Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética, RTQ-C, a divulgação da mudança de paradigma no que tange às novas prescrições é fundamental, bem como o mapeamento e análise dos níveis de eficiência energética e desempenho térmico das tipologias comerciais, públicas e de serviços para a consolidação do novo modelo de eficiência. Neste sentido, a pesquisa objetiva conhecer a situação da cidade brasileira de médio porte, Passo Fundo-RS, localizada na Zona Bioclimática 2, no que se refere à eficiência energética e ao desempenho térmico de alguns edifícios emblemáticos do ponto de vista espacial-temporal.As edificações selecionadas com base na metodologia de Waisman (1972) foram submetidas à simulação de desempenho térmico por meio do software Energy Plus e, posteriormente, receberam classificação e etiquetagem quanto aos níveis de eficiência energética considerando o RTQ-C por meio do software Domus-Eletrobrás.Foi utilizada a metodologia adaptada de Peglow (2014) dividindo o trabalho em quatro partes, sendo elas: levantamentos gerais e específicos; simulação do nível de eficiência energética da envoltória dos exemplares de cada edificação escolhida; proposta de medidas de conservação de energia e análise econômica das medidas corretivas. Os resultados obtidos apontam a necessidade da adoção de medidas de controle de ganhos térmicos através da seleção das cores superficiais externas dos fechamentos opacos das edificações analisadas, assim como do sombreamento dos fechamentos transparentes. Pode-se perceber a falta de critérios mais claros quando da concepção do projeto arquitetônico no que tange a eficiência energética de tais edificações do segmento comercial. Os resultados contribuirão para a proposta de novas estratégias de racionalização de energia aplicáveis em projeto, através de intervenção arquitetônica e/ou operação de edificações, bem como para a difusão da regulamentação na comunidade de Engenheiros e Arquitetosa fim de proporcionar a instrumentalização da comunidade profissional.
Palavras-chave: eficiência energética, desempenho térmico de edificações, etiquetagem, simulação, RTQ-C.

DETERMINATION OF THE ENERGY EFFICIENCY PATTERN IN COMMERCIAL, PUBLIC AND SERVICES EDIFICATION IN MID-SIZED CITY IN BIOCLIMATIC ZONE 2

ABSTRACT
In the context of implementation of the of the new Energy Efficiency Quality Level Technical Regulation, RTQ- C, the spread of the paradigm change regarding the new prescriptions is

fundamental, as well as mapping and analysis of energy efficiency level and thermal performance of commercial, public and services types for the consolidation of the new efficiency model. In this way, this research aims to understand the situation of the Brazilian mid-sized city, Passo Fundo - RS, located in Bioclimatic Zone 2, referring to the energy efficiency and thermal performance of some emblematic building from the space-time point of view. The buildings were selected based on the Waisman (1972) methodology and submitted to thermal performance simulations using the Energy Plus software and, after, were classified and labeled regarding their energy efficiency level according to the RTQ-C through the Domus-Eletrobrás software.Following the adapted methodology of Peglow (2014), the work were divided into four parts as follows: general and specific surveys; energy efficiency level simulation of the envelope samples of each chosen building; proposal of energy conservation measures and economic analysis of the corrective measures. The results point to the need of implementation of thermal control measurements through the selection of the external superficial colors of the opaque closures in the analyzed buildings, as well as the shadowing of the transparent closures. The results point to the lack of criteria in the architectural design conception stage regarding the energy efficiency in the commercial buildings. The results will contribute to the proposal of new energy conservation strategies applicable in design, through architectural intervention and/or building operation, as well as the spreading of the regulations to the Engineering and Architecture community the professional instrumentalism of southern Brazil.
Keywords: energy efficiency, thermal performance of buildings, labeling, simulation, RTQ-C.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2001, a população brasileira foi drasticamente obrigada a mudar seus hábitos de consumo de energia. O corte inesperado no fornecimento de energia em praticamente todo o país evidenciou a falta de planejamento e de políticas sólidas no setor energético nacional. Iniciou-se a partir de então um processo de discussão e implementação de novas regulamentações e políticas de conservação de energia. Do total do consumo de energia elétrica no Brasil em 2011 (480,12 TWh), as edificações representaram 46,7% (224,20 TWh), sendo que o setor residencial chegou a 23,3% do total nacional (111,97 TWh), o setor comercial representou 15,4% do total (74,05 TWh) e o setor público 8,0% do total (38,17 TWh) (Lamberts et al, 2014). As primeiras instruções normativas como a norma de desempenho térmico de edificações NBR 15220 (2008), a NBR 15575 (2013) de desempenho para todos os sistemas de edifícios, a regulamentação RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) e mais recentemente a instrução normativa MPOG/SLTI Nº 2, de 4 de junho de 2014 continuam alavancando o processo de transformação pelo qual o país vem passando. No contexto de implementação do novo Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética, RTQ-C, a divulgação da mudança de paradigma em relação às novas prescrições é fundamental, bem como o mapeamento e análise dos níveis de eficiência energética e desempenho térmico das tipologias comerciais, públicas e de serviços. Busca-se com isso a consolidação de um novo modelo de eficiência energética que possa balizar a tomada de decisões no que diz respeito aos futuros projetos de edifícios.

2. OBJETIVO

Este trabalho objetiva conhecer a situação da cidade brasileira de médio porte, Passo Fundo-RS, localizada na Zona Bioclimática 2, no que se refere à eficiência energética e ao desempenho térmico de alguns edifícios emblemáticos do ponto de vista espacial-temporal.

3. MÉTODO DE PESQUISA

As edificações selecionadas com base na metodologia de Waisman (1972) foram submetidas à simulação de desempenho térmico por meio do software Energy Plus e, posteriormente, receberam classificação e etiquetagem quanto aos níveis de eficiência energética considerando o RTQ-C por meio do software Domus - Eletrobrás. Foi utilizada a metodologia adaptada de Peglow (2014) dividindo o trabalho em quatro partes, sendo elas: levantamentos gerais e específicos; simulação do nível de eficiência energética da envoltória dos exemplares de cada edificação escolhida; proposta de medidas de conservação de energia e análise econômica das medidas corretivas.

4. LEVANTAMENTOS

4.1 Levantamento Geral - Definições dos tipos representativos da zona central da cidade de Passo Fundo

Para entender quais as tipologias de maior recorrência no centro da cidade de Passo Fundo e consequente definição do objeto de estudo, foi realizado um levantamento em sete quadras da região central (Figura 1). Neste levantamento foi definido um recorte que engloba dez vias, no eixo Leste-Oeste entre as ruas Teixeira Soares e Fagundes dos Reis e no eixo Norte-Sul entre a Av. Brasil e Rua Morom, vias estas que representam o núcleo comercial da cidade.

Figura 2. ***Quadras selecionadas no centro de Passo Fundo***



Nesse recorte foram levantados dados de todos os prédios, classificando-os quanto à função, idade, localização no lote, cores das fachadas, número de pavimentos, percentual de fechamentos opacos e transparentes. Para isso foram utilizadas fichas de catalogação das edificações, levantamento fotográfico e pesquisa em arquivos da Prefeitura Municipal. Ao todo foram levantadas 160 edificações, estas foram catalogadas em um banco de dados os quais podem ser consultados no Laboratório de Conforto Ambiental (Labcon) da Universidade de Passo Fundo.
Nos levantamentos, as edificações foram classificadas levando-se em conta sua inserção espacial-temporal e foram analisadas de acordo com Waisman (1972).

As edificações recorrentes do centro de Passo Fundo são edifícios mistos, com sua porção térrea destinada ao comércio e pavimentos superiores à moradia. Os edifícios possuem idades que variam entre exemplares da década de 40 até edifícios da década de 70 a 80, sendo que sua maioria foi construída na explosão imobiliária da década de 80 na cidade. São prédios com até 9 pavimentos, implantados em lotes de meio de quadra, sem recuos laterais, com fachadas pintadas em cores médias (com absortância média de 50%) e percentual de fechamentos transparentes de 30%. A partir dessas características escolheram-se as edificações que foram analisadas. Para a escolha das edificações foi necessário separá-las de acordo com a área, capacidade térmica das paredes, posicionamento na quadra, percentual de aberturas na fachada principal e exposição da cobertura à radiação solar.

4.2 Análise quanto à área

Com relação à área, as edificações foram divididas seguindo-se as orientações de Peglow (2014). Configuraram-se, portanto, dois grupos denominados: “Pequenas Lojas” e “Grandes Lojas”. As pequenas lojas possuem área total construída de, no máximo, 500 m² e as grandes lojas são aquelas que possuem área total construída superior a 500 m². Os lotes na zona central possuem configuração de fita, possuindo em média 300m² de área, existindo também junção de dois ou mais lotes para construção de edifícios maiores e nestes casos a área é superior a 500m².

4.3 Análise quanto à capacidade térmica das paredes

Encontrou-se diferentes configurações quanto às espessuras das paredes da envoltória das edificações no centro da cidade. Verificou-se que, quando a idade construtiva era inferior aos anos 80, a espessura da envoltória era maior (40cm em média nas edificações da década de 40), diminuindo até uma média de 20cm após a implementação dos códigos de obras publicados a partir da década de 80. Os prédios mais recorrentes no centro da cidade são os com data de construção da década de 50 a 80, porém, é importante avaliar as diferentes técnicas construtivas encontradas. Por este motivo foram analisadas edificações com paredes onde a capacidade térmica CT < 500 kJ/(m².K) (paredes com espessura de até 25cm) e atraso térmico médio de 5,9 horas, características encontradas nas paredes de edificações construídas nas últimas décadas e paredes com CT > 500 kJ/(m².K) (paredes que variam de 29 à 63cm) e atraso térmico médio de 11,8 horas, características encontradas em edificações construídas anteriormente a 1980. As absortâncias solares das fachadas foram classificadas como maiores ou menores que 0,4 levando em conta uma tabela de cores e suas respectivas absortâncias solares do Anexo V dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações RAC (INMETRO, 2013).
Os edifícios representativos deste extrato pertencem a um intervalo entre a década de 50 e 80, mas principalmente na década de 80, quando houve uma grande explosão imobiliária na cidade em virtude do advento do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de 1984, que favoreceu a densificação do centro da cidade (Kalil, 2003). A característica dominante das paredes da envoltória dessas edificações é a utilização de alvenaria de tijolos de 6 furos com uma espessura total (reboco+ emboço+tijolo+emboço+reboco) entre 19 e 20 cm de espessura, com capacidade térmica entre 190 KJ/(m²K) a 200 KJ/(m²K) e atraso térmico médio de 4,5 horas.

4.4 Análise quanto à inserção na malha urbana e recuos laterais.

O posicionamento no lote interfere na quantidade de radiação solar recebida pela edificação e nas trocas térmicas com o exterior, por isso se estudou dois tipos de posicionamento na quadra, as edificações entre prédios, sem recuos laterais e as de esquina. Destas, optou-se, por efeito

comparativo, a adoção de duas orientações de fachadas – norte e sul. Devido à dificuldade de acesso às lojas, houve a necessidade de iniciar-se a simulação a partir das fachadas principais de orientação sul, sendo estas as lojas que efetivamente permitiram o acesso da equipe para os levantamentos.

4.5 Análise quanto ao percentual de aberturas na fachada (PAF)

Dentre as edificações construídas com paredes com CT > 500 kJ/(m².K), estas foram classificadas em dois grupos para análise: as com percentual de aberturas da fachada principal pequeno (PAF até 30%) e as com percentual de aberturas na fachada principal grande (PAF maior que 30%). As edificações com paredes mais espessas foram divididas dessa forma em função de existirem diferentes graus de descaracterização nas construções. Considerou-se então edificação conservada, aquela que possui percentual de aberturas das fachadas principal (PAF) preservado conforme o original, normalmente enquadrado no valor de até 30%. Já as edificações consideradas descaracterizadas serão as que possuem alterações em seu PAF como abertura de vãos nas fachadas, aumentando o PAF da fachada, fazendo normalmente com que esse seja superior a 30%.

Em função dos levantamentos gerais terem sido realizados observando-se somente as fachadas principais dos prédios, adotou-se que se utilizariam estes percentuais de aberturas nas fachadas principais como critérios de escolha para edificações, sendo PAF pequeno (até 30%) e PAF grande (superior a 30%). O RTQ-C utiliza o PAFT, Percentual de Área de Abertura na Fachada total, que é a razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente/translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação. Para as avaliações e para as equações necessárias, o PAFT foi utilizado, somente para escolha de percentuais de aberturas nas fachadas das edificações houve esta variação de utilização da variável.

4.6 Análise quanto à exposição da cobertura

As edificações com paredes com CT > 500 kJ/(m².K) foram classificadas quanto à exposição da cobertura ou não, ou seja, serão avaliadas lojas que possuem cobertura exposta ao meio externo e lojas que estão localizadas no pavimento térreo e sobreloja de edifícios e que, por sua vez, possuem coberturas não expostas ao meio exterior. Nas últimas décadas, um novo modelo de loja tornou-se recorrente, loja no térreo, com mezanino, com edifício residencial ou de escritórios em cima.

5. RESULTADOS

5.1 Resultados da classificação tipológica

Atualmente, existem muitas metodologias de análise da edificação, para o entendimento da evolução cronológica das tipologias. Waisman (1972) apresenta um rol de características de análise de um edifício, tais como: “estrutura” - sentido tecnológico; “forma” - modo de conferir forma aos espaços; “função” - objetivo social que há de cumprir a arquitetura para entender os requerimentos que a sociedade lhe apresenta; “relação com o entorno” - aspecto formal e funcionalidade externa; “tecnologia ambiental” – eficiência energética.

Neste trabalho, o tipo foi avaliado baseado principalmente no método de Waisman (1972), onde a “função” foi trabalhada em relação ao tipo de uso das edificações; a “relação com o entorno” no que diz respeito ao posicionamento na quadra, se situado em lotes de esquina ou meio de quadra;

"estrutura e tecnologia" quanto ao tipo de fechamentos da envolvente, PAFT, absortâncias, transmitâncias; "forma" relacionou-se número de pavimentos e tamanhos de lojas.
A seguir, um resumo dos dados obtidos através desse método.

Tabela 1. Planilha de compilação tipológica

Planilha de Compilação Tipológica							
Zona Central - Passo Fundo							
Idade Construção	construídas até 1960	construídas entre 1960 e 1980	1980 a 2000		2000 a 2015		
Número Unidades	36	61	48		15		
Percentual	22,50%	38,13%	30%		9,38%		
						Serviço e Público	
Função	Comercial - Lojas	Comercial - Escritórios	Comercial - Outros	Residencial	Misto	Institucional Educacional	Institucional Outros
Número Unidades	27	2	13	8	98	1	11
Percentual	16,88%	1,25%	8,13%	5,00%	61,25%	0,63%	6,88%
Altura	Até 2 pavimentos	3 - 4 pavimentos	Mais de 4 pavimentos				
Número Unidades	74	39	47				
Percentual	46,25%	24,38%	29,38%				
Característica da	Absortância par α> 0,4	Absortância par α≤ 0,4	Fechamento trasparente				
fachada principal	87	73	Até 30 %	30% a 70%	Mais de70%		
Percentual	54,38%	45,63%	41,25%	48,75%	0,1		
Entorno	Isolado no Lote	Esquina	Entre Prédios				
Numero Unidades	19	28	113				
Percentual	0,11875	17,50%	70,63%				

Figura 2. *Gráfico funções tipológicas centrais*

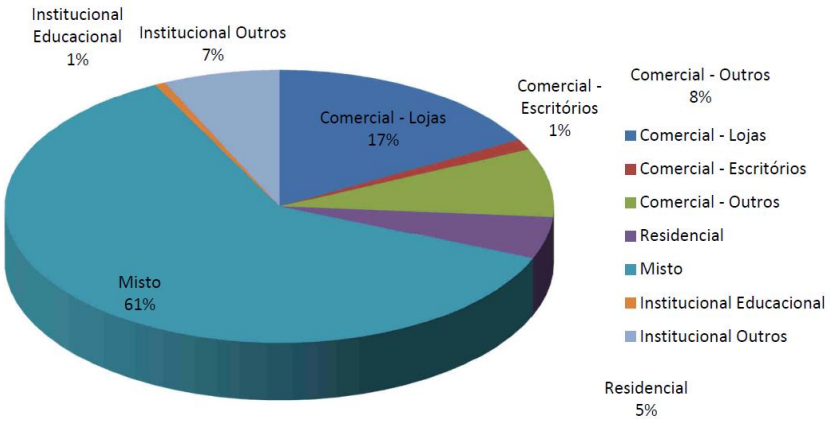


Figura 3. *Gráfico altura das edificações*

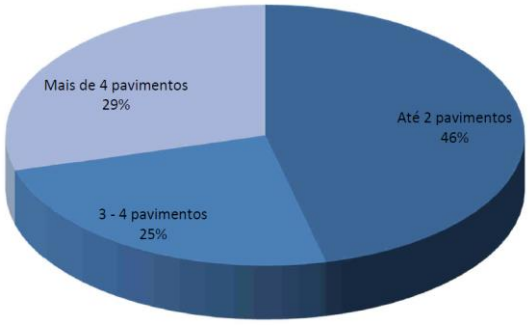


Figura 4. *Gráfico percentual de absortâncias das fachadas*

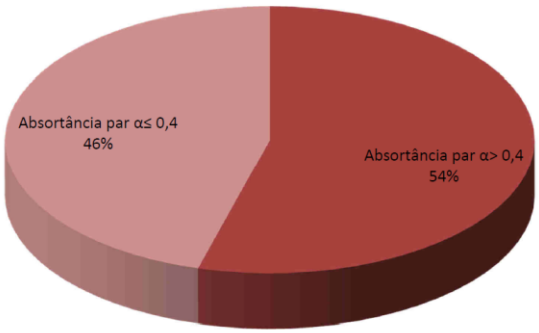


Figura 5. *Gráfico percentual posicionamento nos lotes*

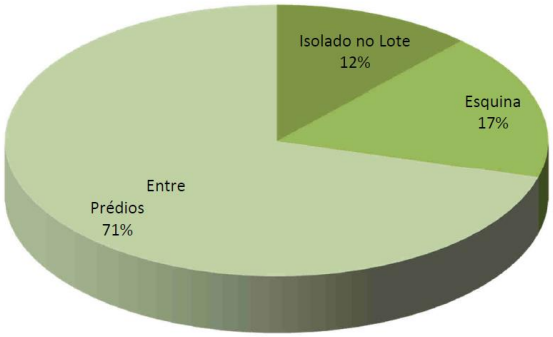
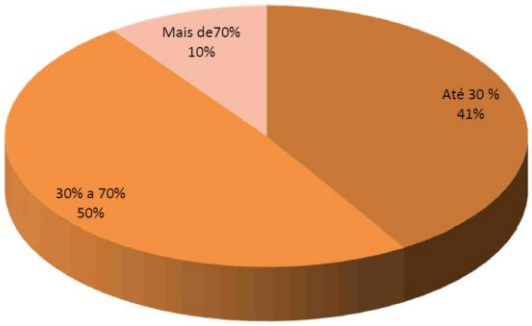


Figura 6. *Gráfico percentual de fechamentos transparentes*



Os levantamentos apontaram que partes significativas das edificações do centro de Passo Fundo são destinadas ao setor misto (lojas + residencial) e comercial em 78% dos casos, conforme a Figura 2. Dentre o uso comercial observou-se que em 17% dos casos a função comercial é destinada a lojas, conforme Figura 2, que é o foco de estudo deste trabalho em função de sua representatividade no centro da cidade.

Observou-se também que, em 46% dos casos, as edificações destinadas a lojas seguem um padrão de possuírem até dois pavimentos, conforme Figura 3. Destas edificações muitas possuem uso residencial e foram adaptadas ao uso comercial, sofrendo alterações como partes dos ambientes do térreo e primeiro pavimento transformados em mezaninos fazendo com que se formassem grandes zonas térmicas. Em relação ao entorno, estas são implantadas em lotes de meio de quadra e entre prédios, sem recuo lateral, em 71% das ocorrências, conforme Figura 5.

As datas de construção, em 61% dos casos, conforme Tabela 1, são até o ano de 1980, sendo o restante construído a partir do boom imobiliário ocorrido a partir da década de 80 em diante. Nota-se que, predominantemente, o centro da cidade ainda é de baixo gabarito com edificações antigas readaptadas para sua atual função.

Os primeiros dados a serem levantados foram as absortâncias das fachadas das edificações. As absortâncias solares das fachadas foram compiladas para posterior análise do desempenho levando em conta uma tabela de cores e suas respectivas absortâncias solares do Anexo V dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações RAC

(INMETRO, 2013). Foram computadas as absortâncias em uma escala de 10 até absortâncias maiores que 80 conforme Tabela 2.
Percebe-se a predominância de cores claras, com um percentual de 46% das fachadas possuírem absortância menor ou igual a 0,4, conforme Figura 4.

Tabela 2.*Absortâncias copiladas*

Absortâncias	Quadra 1	Quadra 2	Quadra 3	Quadra 4	Quadra 5	Quadra 6	Quadra 7
10 - 20	17.9%	25%	16%	9.2%	0%	0%	13.6%
20 - 30	3.6%	0%	0%	13.6%	0%	36.3%	0%
30 - 40	35.7%	34.4%	20%	18.3%	40%	12.8%	22.6%
40 - 50	25%	7.9%	24%	31.6%	30%	19%	18%
50 - 60	0%	7.9%	4%	9.2%	0%	12.8%	13.6%
60 - 70	10.7%	6.4%	32%	4.5%	20%	19.1%	13.6%
70 - 80	7.1%	18.4%	4%	13.6%	10%	0%	9.3%
>80	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9.3%

Os resultados iniciais demonstram que para a quadra 1, as maiores absortâncias encontram-se na faixa entre 30 e 40, para a quadra 2 entre 30 e 40, para a quadra 3 entre 40 e 50, para a quadra 4 entre 40 e 50, para a quadra 5 entre 30 e 40, para a quadra 6 entre 20 e 30 e para a quadra 7 entre 30 e 40.
Pode-se dizer que as absortâncias mais representativas nas fachadas ficaram em torno de 30 e 40, ou seja, nas sete quadras analisadas o percentual de cores entre 30 e 40 representou 26,3% do total como podemos ver na Tabela 3.

Tabela 3. *Percentuais totais para absortâncias nas sete quadras analisadas*

Absortâncias	Total
10 - 20	11.7%
20 - 30	7.6%
30 - 40	26.3%
40 - 50	22.2%
50 - 60	6.8%
60 - 70	15.2%
70 - 80	8.9%
>80	1.3%

5.2 Simulações
Em função da dificuldade de acesso às lojas, foram simuladas primeiramente lojas que os comerciantes liberaram o acesso para os levantamentos específicos. São duas lojas de meio de quadra cujas fachadas principais voltadas para sul situam-se na Rua Morom. Utilizou-se os softwares de livre acesso Energy Plus e Domus-Eletrobrás para a geração dos selos de eficiência.
A edificação da Loja 1 é de dois pavimentos, uso exclusivo comercial, possui absortância das paredes externas menor que 0,4 e PAF de até 30%. A edificação da Loja 2possui mais de quatro pavimentos, uso misto (comercial e residencial), possui absortância das paredes externas menor que 0,4 e PAF de 30%à 70%.
Foram analisados nos levantamentos específicos a envoltória, o sistema de ar-condicionado e a iluminação, priorizando-se a envoltória para a realização das simulações, o que possibilitou gerar

um selo de eficiência geral para cada uma das duas lojas.Após as simulações gerou-se o selo do nível de eficiência da Loja 1 (Figura 7) e da Loja 2 (Figura 8).

Figura 3. *Selo do nível de eficiência geral Loja 1*



Figura 4. *Selo do nível de eficiência geral Loja 2*



6. CONCLUSÃO

As duas edificações comerciais-lojas avaliadas no centro comercial da cidade de Passo Fundo caracterizam-se como de pequeno porte. Dentro dos resultados de eficiência destaca-se que a Loja 2 que alcançou nível A possui área de envidraçamento (30% à 70%) maior do que a Loja 1 (até 30%) que alcançou nível E, mas com área de fachada menor. Para que o resultado seja esse, a influência da cobertura explica a diferença de nível atingido entre a Loja 1 (com nível E) e a Loja 2 (com nível A). A Loja 1 possui pé direito duplo com cobertura exposta, já a Loja 2 possui uso residencial no segundo e terceiro pavimentos, (portanto, cobertura não exposta), reduzindo o ganho no verão de cima para baixo. Também é importante influência nos resultados de nível E da Loja 1 o fato das unidades externas de ar-condicionado (unidades condensadoras) estarem expostas à radiação. Mesmo sendo uma fachada sul, sabe-se que no verão, para esta latitude, ela é atingida por radiação no início da manhã até por volta das 9:30h (sol do quadrante sudeste), voltando a receber radiação por volta das 15:30 até o sol se pôr pelo quadrante sudoeste. Assim também as áreas de envidraçamento ficarão expostas à radiação no verão.

6.1 Problemas Encontrados

Um dos maiores problemas encontrados foi a falta de acesso às edificações selecionadas na fase dos levantamentos gerais. Os levantamentos específicos requerem medições in loco e outros levantamentos mais invasivos, que podem acabar influenciando na dinâmica normal de funcionamento das lojas, o que certamente contribuiu para a pouca aceitação.

Outro problema que influenciou na dificuldade de liberação para os levantamentos específicos é a falta de conhecimento por parte dos proprietários e locatários a respeito da etiquetagem e sua importância para a conservação de energia. Apesar da difusão dos selos e dos regulamentos de eficiência energética estar a aumentar entre os profissionais de arquitetura e engenharia, os proprietários e locatários de estabelecimentos comerciais carecem de um programa de divulgação a ser feito gradualmente com a finalidade de melhorar seu entendimento sobre a importância do programa e consequente benefício para seus próprios estabelecimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anexo V dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações RAC (INMETRO, 2013).

Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. NBR 15220-1: desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. NBR 15220-2: desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. NBR 15220-3: desempenho térmico de edificações - Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2008. NBR 15575-1: Desempenho de edifícios de até cinco pavimentos: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro.

INMETRO. 2013. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ-C. INMETRO.

Kalil, R. M. L. 2003. Habitação social em Passo Fundo: evolução histórica e situação atual. In: VII Encontro de Teoria e História da Arquitetura do Rio Grande do Sul, 2003, Passo Fundo. Anais do VII Encontro de Teoria e História da Arquitetura do Rio Grande do Sul. Passo Fundo : EDUPF. v. 1CD.

Lamberts, R. & Dutra, L. & Pereira, F. O. R. 2014. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: Procel, 3. ed., 2014.

Peglow, J. S. 2014. Eficiência Energética em Lojas da Zona Central de Pelotas, RS: Análise de Envoltórias e Proposição de Medidas de Conservação de Energia. Dissertação de mestrado. Universidade de Pelotas, Pelotas-RS.

WAISMAN , Marina. Estructuradel entorno. Buenos Aires: NuevasEdiciones, 1972.

243. ENERGIA INCORPORADA E EMISSÕES DE CO_2 NA FASE DE PRÉ-USO EM ALVENARIA DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO PARA HABITAÇÕES EM BRASÍLIA

MELO, Pedro[*1](pedro.meloc@gmail.com); SPOSTO, Rosa*[1] *(rmsposto@unb.br);*
[1]Universidade de Brasília (UnB), Brasil

RESUMO
Considerando a importância da construção de novas habitações populares no Brasil, é válido buscar sistemas construtivos mais sustentáveis ambientalmente, que possam reduzir o consumo de energia e as emissões de CO_2. Dentre esses sistemas construtivos, tem-se o tijolo de solo-cimento, conhecido como tijolo ecológico, que é viável em locais onde há matéria prima adequada para a sua fabricação. Há uma previsão de que o consumo de energia e as emissões de CO_2 da vedação de tijolos de solo-cimento sejam menores quando comparados ao sistema convencional de blocos cerâmicos, pois não há queima na sua fabricação. Este trabalho apresenta uma avaliação da quantidade de energia e de emissões de CO_2 de uma habitação na fase de pré-uso, considerando a fabricação do tijolo de solo-cimento. Para isto, foram utilizados os conceitos da ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida Energético e de Emissões de CO_2. Foram coletados dados primários em uma indústria localizada em Anápolis – GO, em que foram contabilizadas as energias de todos os equipamentos utilizados (misturadores, prensa e outros). A partir do valor da energia da indústria foi obtido o valor das emissões de CO_2, a partir do qual foi feita uma análise comparativa com o sistema de vedação de bloco cerâmico, considerando o m^2 como unidade funcional. A espessura de vedação considerada atende a zona bioclimática 4, de Brasília, satisfazendo, portanto, os parâmetros de Transmitância Térmica (U) e Capacidade Térmica (CT) exigidos. O resultado apontou um menor valor de energia incorporada e de emissões de CO_2 para o sistema construtivo de tijolo de solo-cimento quando comparado com alvenaria convencional de blocos cerâmicos. Este trabalho contribui para a formação de bancos de dados de consumo de energia e emissões de CO_2 de componentes e sistemas construtivos para habitação no Brasil, fornecendo subsídios para especificações mais sustentáveis de projeto.
Palavras-chave: Habitação social; Tijolo de solo-cimento; Fase de pré-uso.

EMBODIED ENERGY AND CO_2 EMISSIONS ON PRE-USE PHASE OF SOIL CEMENT BRICKS USED IN MASONRY IN SOCIAL HOUSING IN BRASILIA

ABSTRACT
Considering the importance of constructing new popular houses in Brazil, it is valid to look for environmentally sustainable constructive systems that may reduce the energy consumption and the CO_2 emissions of houses. Among the options of these systems, there is the soil cement brick, also known as ecologic brick, which is viable in places where there is adequate raw material for its manufacture. There is a prediction that both the energy consumption and the CO_2 emissions from the soil cement brick present lower values than the conventional system of ceramic block, since there is no burning in the process. This study presents an assessment of energy consumption and CO_2 emissions during the pre-use phase of a habitation, considering the brick manufacture. In order to accomplish that, it was used the tool of Life Cycle Assessment regarding Embodied

Energy and CO_2 Emissions. Primary data were collected from a soil cement brick factory located in Anápolis, GO, where the energy used from all the equipment related to the process were accounted. From these energy values, it was possible to obtain CO_2 emissions data as well. With the data collected, it was made a comparative analysis with the sealing system of ceramic block, considering the m² as functional unit. The sealing thickness considered meets the requirements of the bioclimatic zone 4, of Brasília, satisfying the parameters of Thermal Transmittance (U) and Thermal Capacity (TC). The result presented a lower value of energy consumption and CO_2 emissions to the soil cement bricks when compared to the conventional system. This study contributes to the formation of database of energy and CO_2 emissions related to constructive systems for habitation in Brazil and it also provides subsidy to more sustainable project specification.
Keywords: Popular housing; Soil cement brick; Pre-use phase.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um déficit habitacional de 9% da população que atinge, principalmente, a parcela de baixa renda (CBIC, 2016) indicando a necessidade de construir mais habitações populares. Como o número de habitações a serem construídas é elevado, o impacto no meio ambiente devido ao consumo de energia e de matéria-prima e emissões de CO_2 na atmosfera pode ser significativo.

O setor de construção civil é complexo e envolve vários segmentos, tais como o de materiais, constituído por várias indústrias de transformação, o de processos, entre os quais tem-se a construção de edificações e de habitações e o auxiliar, formado por empresas de projeto e de manutenção (ABRAMAT, 2007). No segmento de materiais, durante a fabricação, há consumo de água, consumo de combustíveis fósseis e emissão de gases poluentes. Além disto, ainda há o impacto ambiental causado pela extração de matéria-prima e transporte.

Considerando esse agravante, há no mercado a busca por novos materiais que geram menos resíduos e que tenham uma energia incorporada menor do que os sistemas convencionais. Para o sistema de vedação, especificamente no caso de comunidades onde há mão de obra abundante e assistência técnica por meio de cooperativas, observa-se o uso de tijolo de solo-cimento ou tijolo ecológico, já que esta tecnologia pode ser absorvida facilmente pela população, além de ter um custo relativamente baixo; além disto, há redução de impactos ambientais negativos, pois diferentemente do bloco cerâmico convencional, não necessita de queima no seu processo de fabricação.

Neste contexto, é necessário quantificar os impactos do tijolo de solo-cimento, para que sua sustentabilidade seja averiguada. Para isso, podem ser avaliados os impactos ambientais provenientes do seu ciclo de vida por meio de ferramentas como a Avaliação Ciclo de Vida. Para esse estudo, foram realizadas a Avaliações do Ciclo de Vida Energética e de Emissões de CO_2 para a fase de pré-uso do tijolo de solo-cimento.

1.1 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

No contexto mundial de procura por eficiência energética e busca de novos meios de obtenção de energia menos poluidoras, tem-se a Avaliação do Ciclo de Vida como uma importante ferramenta de avaliação de produtos e processos. Segundo a NBR ISO 14040 (2014), esta ferramenta auxilia na avaliação dos impactos durante o ciclo de vida de um processo ou produto e é uma análise complexa. Entretanto, alguns problemas, como a falta de dados primários para a avaliação dos elementos de uma edificação é observada no Brasil, onde estudos que envolvem a ACV ainda estão em fase inicial (CALDEIRA, 2016).

Por meio desta ferramenta, podem ser avaliadas todas as etapas do ciclo de vida, indo do pré-uso ao pós-uso. Na fase de pré-uso, são considerados os gastos de energia de fabricação do material, considerando a extração, o transporte e a execução em obra. Na fase de uso, são considerados os gastos de energia operacional e manutenção, como substituição de peças, devido ao tempo de vida útil e na fase de pós-uso, o processo de demolição, o eventual transporte de dejetos e a reciclagem de materiais, quando houver (SPOSTO, PAULSEN, 2012). Neste estudo, foi considerada apenas a fase de pré-uso e foi utilizada a ferramenta de Avaliações do Ciclo de Vida Energético (ACVE) e de Emissões de CO_2 (ACVCO2) para o tijolo de solo cimento para uma habitação popular.

1.2 Tijolo de solo-cimento

No Brasil, o sistema convencional de vedações é caracterizado pelo uso de blocos cerâmicos, porém, pode-se notar, nos últimos anos, a busca de novos materiais visando economia de energia e redução de emissão de poluentes, como o tijolo de solo-cimento, mais conhecido também como tijolo ecológico. No Brasil, as primeiras normas de solo-cimento surgiram em 1984 com as normas ABNT NBR 8491 (1984) e ABNT NBR 8492 (1984). Com o passar dos anos mais normas foram criadas e, recentemente, algumas foram atualizadas em 2012, entre as quais podem ser citadas a NBR 11798 (2012), NBR 12023 (2012) e NBR 12024 (2012).

O tijolo de solo cimento consiste numa mistura de cimento Portland juntamente com solo, em que o cimento tem um papel de dar mais estabilidade, melhorando as propriedades da mistura. Para a sua fabricação é necessário haver uma escolha correta de solo e ter cautela na proporção solo-cimento, assim como o teor de umidade e a compactação do solo. Para a fabricação, deve ser seguida a norma NBR 10833 (2013) que indica os procedimentos adequados para tijolo e bloco de solo-cimento.

Ainda há poucas indústrias no país para tijolos e blocos de solo-cimento e isso pode ser justificado pela dificuldade de mecanização no processo produtivo, devido principalmente a fatores culturais, além da grande variação do solo, matéria prima principal do tijolo ou bloco, o que de certa forma inviabiliza uma produção em larga escala. Além disso, pode-se dizer que o interesse por esse material (solo-cimento) foi desaparecendo no Brasil, à medida que novas tecnologias industrializadas foram surgindo no país (GRANDE, 2003). No Distrito Federal, por exemplo, há poucas indústrias recém-formadas e poucos vendedores de maquinários, que possibilitam a fabricação do material dentro da obra.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo levantar dados de consumo de energia e de emissões de CO_2 de uma vedação de tijolo de solo-cimento em Brasília. A partir desses dados, foram comparados os valores obtidos com os de bloco cerâmico, já coletados em outros estudos, considerando apenas a fase de pré-uso para o sistema de vedação de uma habitação popular. Para a viabilidade de emprego do tijolo de solo cimento foi considerado o critério de desempenho térmico que uma vedação deve atender, segundo a norma ABNT NBR 15575-1/2013, considerando-se a zona bioclimática 4, referente a Brasília.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Neste trabalho foi utilizado o método de estudo de caso em uma habitação popular localizada em Brasília, no Distrito Federal. Os dados de energia da fase de pré-uso do tijolo de solo-cimento são do tipo primário, e foram coletados por meio de uma visita a uma fábrica de tijolos em Anápolis – GO. Os dados para o transporte e o cimento envolvidos no processo são do tipo secundário.

Foram elaborados fluxos do processo, com os equipamentos e suas respectivas potências e, a partir dos valores de energia e de fatores de emissão, foram calculadas as emissões de CO_2. Com esses dados, foi montado um cenário comparativo com os dados de bloco cerâmico por meio de dados secundários obtidos nos estudos de Sposto e Paulsen (2012) e de Caldas, et. al. (2015).
O estudo de Sposto e Paulsen (2015) também utilizou a ferramenta ACVE para obter os dados referentes ao bloco cerâmico e o estudo de Caldas et.al. (2015), a ferramenta de ACVCO2.
Foi adotado como parâmetro um projeto padrão de habitação popular localizada no DF de 45 m² de área e 108 m² de área de parede. Considerando as dimensões de 7 cm x 15 cm x 30 cm do tijolo de solo-cimento, tem-se uma área lateral de 0,021m², resultando em uma relação de 47,6 blocos por m². Sendo assim, são utilizados 5.141 blocos para a construção da habitação popular desse estudo. A argamassa de assentamento foi desprezada neste estudo.

3.1 Consumo de energia

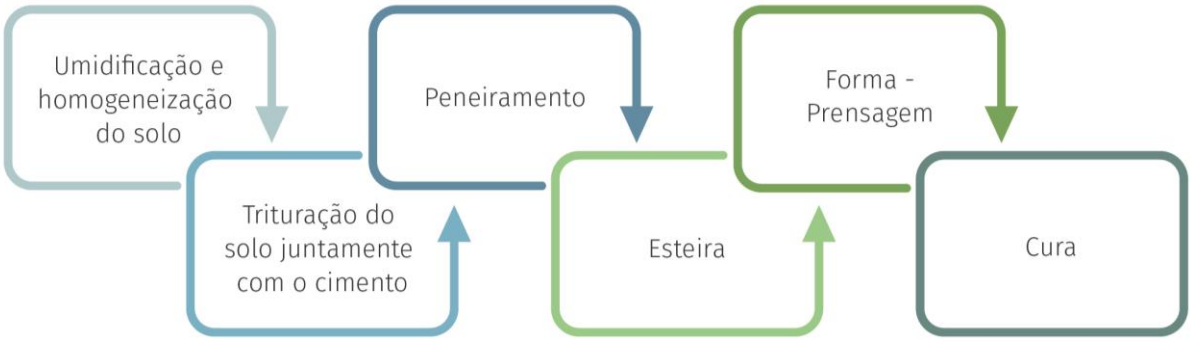
A coleta de dados de consumo de energia foi realizada em uma fábrica de pequeno porte de tijolo de solo-cimento, onde foi averiguado todo o processo produtivo e coletados os dados de produção mensal e potência das máquinas, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Equipamentos e suas respectivas potências

EQUIPAMENTOS	POTÊNCIA
Motor – 2 Esteiras	735,5 J/s cada
Motor - Misturador	735,5 J/s
2 Motores - Misturador	1.471 J/s cada
Motor - Misturador	5.148,5 J/s
2 Motovibradores - Misturador	367,75 J/s cada
Motor - Prensa	3.677,5 J/s

A produção dos tijolos, de acordo com dados da fábrica, segue a proporção de um saco de cimento CP-V ARI de 50 kg para 16 baldes de vinte litros de solo, resultando em aproximadamente 100 blocos produzidos. Obedecendo a proporção, são utilizados 300kg de solo a cada leva de 100 blocos, uma vez que cada bloco possui 3,5 kg. Nesse tipo de fabricação, não há desperdício, já que todo bloco que sai defeituoso após a prensagem pode ser reaproveitado como matéria-prima para futuros blocos.
Além disso, foi considerada uma carga horária de trabalho de 8 horas por 22 dias úteis em um mês. A partir desse dado e da potência total da fábrica de 14.710 J/s, foi calculada a energia total gasta, igual a 9,32 GJ. Também foi coletado o dado de produção total de um determinado mês da fábrica de 17027 unidades, e considerando o peso individual do tijolo de 3,5 kg, encontrou-se a relação de 0,16 MJ/kg. Esse resultado indica a energia incorporada inicial do tijolo de solo-cimento, analisando apenas a fabricação do material, sem analisar a extração da matéria-prima, o transporte e a execução na obra. A energia incorporada inicial está relacionada aos processos mostrados na Figura 1.

Figura 5. Fluxo do processo produtivo do solo-cimento



Para o cimento, foi considerado um valor de energia incorporada de 4,20 MJ/kg, de acordo com Tavares (2006). Já para o transporte, foram consideradas duas etapas, a primeira, do solo até a fábrica e o transporte do produto final até a obra. Para isso, foram utilizadas as distâncias de 74,9 km que corresponde à distância da fábrica até Cocalzinho de Goiás de onde é retirado o solo e a distância de 155 km, correspondente a distância entre as cidades de Brasília e Cocalzinho.
Foi considerado o uso de caminhões para o transporte e 0,0136 L/km·ton para o consumo médio de diesel, retirado de Nabut Neto (2011) e a equivalência de 1L de diesel igual a 35,5 MJ (BEN, 2015), o que totaliza uma relação de 0,4828 MJ/km·ton. Para isso, foi considerado um caminhão da Mercedes Benz de especificação 1620, de 10 toneladas. Com a informação de quantidade dos materiais e a distância percorrida, obtiveram-se as emissões de CO_2.
Foram consideradas percorridas as distâncias entre o local de obtenção da matéria-prima e a fábrica e entre a fábrica e a obra, com o peso próprio do caminhão mais o peso dos materiais. Além disso, também foi considerada a volta do caminhão da obra para a fábrica e a volta do caminhão para o local de retirada de matéria-prima, contando apenas seu peso próprio.

3.2 Emissões de CO_2

Para quantificar as emissões de CO_2 envolvidas na fase de pré-uso do tijolo de solo-cimento, é necessário considerar o cenário de matriz energética no estado de Goiás, que indica que 91,9% de sua energia elétrica são provenientes de geração hidrelétrica e 8,07%, provenientes de usinas termelétricas (CASTILHO, ARRAIS, 2012). A geração termelétrica conta com três usinas localizadas na cidade de Anápolis: Cebrasa, DAIA e Rio Vermelho e de acordo com dados do Governo do Goiás (IMB, 2013), toda a energia gerada vai para instituições privadas. Sendo assim, para esse estudo em questão foi considerada apenas a matriz energética hidráulica, que tem um fator de emissão de 0,024 kgCO_2/MJ, de acordo com Miranda (2012). Já para o cimento, foi adotado o valor de 0,765 kg CO_2/kg de material, de acordo com Silva (2013).
Para o transporte, foram feitas as mesmas considerações do consumo energético. Além disso, a partir do fator de 0,4828 MJ/km·ton encontrado e por meio de um fator de conversão de 0,074 kg CO_2/MJ (IPCC, 2006), é possível chegar a um valor de emissão de CO_2 para cada quantidade transportada.

3.3 Transmitância Térmica e Capacidade Térmica

Além do levantamento de dados de consumo energético e de emissões de CO_2, foram calculadas a Transmitância Térmica (U) e a Capacidade Térmica (CT), exigidos para o atendimento do desempenho térmico de uma vedação para Brasília, a partir das propriedades do bloco cerâmico e

do tijolo de solo-cimento, obtidos a partir da literatura nacional e da norma brasileira de conforto térmico, conforme indicado na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2. Dados de cálculo de transmitância e capacidade térmica

	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (λ) [W/MK]	DENSIDADE APARENTE (ρ) [kg/m³]	CALOR ESPECÍFICO (C) [J/kgK]	ESPESSURA (e) [cm]	FONTE
Bloco cerâmico	0,90	1450*	0,92	14	ABNT NBR 15220 (2003)
Tijolo de solo cimento	0,38	1890	1,30	14	Marques, Castro e Isaac (2009)
Reboco de argamassa	1,15	1950*	1,00	2,5	ABNT NBR 15220 (2003)

*Foram considerados valores médios

Para os cálculos de Transmitância Térmica (U) e de Capacidade Térmica (CT) exigidos para o desempenho térmico, foi utilizada a norma ABNT NBR 15220-2/2003, de onde foram obtidas as resistências superficiais interna e externa de 0,13 m²K/W e 0,04 m²K/W, respectivamente.
O valor de U é dado em W/m²K pela Equação 1 a seguir em que o termo R_T significa a resistência térmica total.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

O valor de R_T é dado em m²K/W pela Equação 2 a seguir, em que R_{tsi} e R_{tsi} são as resistências superficiais externa e interna, respectivamente, *e* representa a espessura do material e λ é a condutividade térmica do material.

$$R_T = R_{tse} + \frac{e}{\lambda} + R_{tsi} \quad (2)$$

O valor de CT é dado em kJ/m²K e calculado pela Equação 3 a seguir, em que ρ é a densidade do material e c, o calor específico.

$$CT = e \cdot \rho \cdot c \quad (3)$$

Neste estudo foi considerado o revestimento de argamassa de reboco paulista ou camada única com 2,5cm de espessura em cada lado.
Para a vedação de bloco cerâmico, foi encontrado um valor de transmitância de 2,7 W/m²K e para a de tijolo de solo-cimento, um valor de 1,7 W/m²K. Para CT foi encontrado um valor de 235,51 kJ/m²K para o bloco cerâmico e um valor de 392,73 kJ/m²K para o tijolo de solo-cimento. Foram considerados uma pintura na cor clara e α = 0,6.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os 5.141 blocos necessários para a construção da habitação popular do estudo e os fatores de consumo e emissão de CO_2 apresentados na metodologia, tem-se os valores referentes para a fase de pré-uso de acordo com as Tabelas 3, 4 e 5 a seguir. Para essa quantidade de blocos, estimou-se o uso de 15.423 kg de solo.

Tabela 3. Consumo energético e emissão de CO_2 referentes a fabricação do tijolo de solo cimento

MASSA BLOCOS (kg)	ENERGIA FABRICAÇÃO (MJ)	EMISSÃO FABRICAÇÃO ($kgCO_2$)
17.993,5	2.878,96	69,10

Tabela 4. Consumo energético e emissão de CO_2 referentes ao cimento

MASSA CIMENTO (kg)	ENERGIA FABRICAÇÃO (MJ)	EMISSÃO FABRICAÇÃO ($kgCO_2$)
2.570,5	10.796,10	1.966,43

Tabela 5. Consumo energético e emissão de CO_2 referentes ao transporte do tijolo de solo cimento

ENERGIA Trecho 1 (MJ)	EMISSÃO Trecho 1 ($kgCO_2$)	ENERGIA Trecho 2 (MJ)	EMISSÃO Trecho 2 ($kgCO_2$)	ENERGIA Trecho 3 (MJ)	EMISSÃO Trecho 3 ($kgCO_2$)	ENERGIA Trecho 4 (MJ)	EMISSÃO Trecho 4 ($kgCO_2$)
919,34	68,03	2094,87	155,02	748,34	55,42	361,62	26,76

Foram feitas as seguintes considerações: Trecho 1 corresponde a distância entre o local de obtenção de matéria-prima e a fábrica, considerando 15.423 kg de solo mais 10 toneladas de peso próprio do caminhão; Trecho 2 corresponde a distância entre a fábrica e a obra, considerando 17.993,5 kg de tijolo mais 10 toneladas de peso próprio do caminhão; Trecho 3 corresponde a distância entre a obra e a fábrica, considerando apenas 10 toneladas de peso próprio do caminhão; Trecho 4 corresponde a distância entre o local de obtenção de matéria-prima e a fábrica, considerando 10 toneladas de peso próprio do caminhão.

Neste estudo não foram consideradas as etapas de extração do solo, de transporte do cimento até a fábrica e de execução. Sendo assim, a partir dos dados de fabricação e de transporte foi possível chegar a valores de energia incorporada de 17,8 GJ para uma habitação de 45m² e de emissão de CO_2 de 0,052 tCO_2/m^2. Desses valores, o cimento é o responsável por 60% do consumo energético e por 84% das emissões de CO_2.

Comparando com os dados de bloco cerâmico de outros estudos, percebe-se que os números são consideravelmente menores, uma vez que para a energia incorporada tem-se um valor de 184 GJ para uma habitação de 48m² (SPOSTO, PAULSEN, 2012) e um valor de 0,5 tCO_2/m^2 (CALDAS, et. al., 2015) para as emissões de CO_2. Tanto nos dois estudos comparados quanto neste estudo, foram utilizadas as mesmas ferramentas de ACV e não foi considerada a etapa de execução. No entanto, para o tijolo de solo-cimento não foi considerada a etapa de extração do solo nem o uso de argamassas, aspectos considerados nos estudos em comparação. Além disso, para o tijolo de solo-cimento foram considerados dados primários em sua maioria, enquanto que para o bloco cerâmico só foram utilizados dados secundários.

Mesmo que a etapa de extração não tenha sido considerada, a diferença dos valores é significativa, o que permite afirmar que o tijolo de solo-cimento causa menos impactos do que o

bloco cerâmico. Para outros estudos recomenda-se considerar a etapa de execução, bem como outros impactos como depleção abiótica, energia incorporada renovável, etc.
Os dados referentes à Capacidade Térmica (CT) e à Transmitância Térmica (U) obtidos para os dois materiais desse estudo satisfizeram as condições necessárias de desempenho térmico, de acordo com a zona bioclimática 4, da norma ABNT NBR 15220-2 (2003). Todos os valores apresentaram bom desempenho e satisfizeram as relações U ≤ 3,7 W/m²K e CT ≥ 130 kJ/m²K, requeridas para a referida zona bioclimática.

5. CONCLUSÃO

Os resultados do estudo comprovaram que o tijolo de solo-cimento apresentou melhores desempenhos, o que já era esperado, indicando menor impacto ao meio ambiente. Mesmo que em pequena escala, considerando apenas a fase de pré-uso, esta análise já indica o potencial do tijolo de solo-cimento de se tornar uma alternativa sustentável não só para os sistemas de vedação de habitações populares no Brasil como para construções residenciais em geral, em locais onde há solo favorável e o consumo de cimento não seja excessivo. Além disso, o tijolo de solo-cimento atendeu as condições de desempenho térmico necessárias para a zona bioclimática 4, de Brasília.
Sendo assim, pode-se dizer que o objetivo inicial foi atingido, uma vez que foi definido um sistema de vedação com melhor desempenho energético e com menores emissões de CO_2, comparado com o sistema convencional de vedação de blocos cerâmicos.
Espera-se que esse estudo possa servir de base para outros que trabalhem com uma análise global, considerando a fase de uso e operação, além de outros indicadores tais como depleção abiótica, buscando incentivar o uso de materiais alternativos com melhores desempenhos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO (ABRAMAT). A cadeia produtiva da construção e o mercado de materiais. 2007. Disponível em: <http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/estudo-cadeiaprodutiva.pdf>. Acesso em: 22 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11798: Materiais para base de solo-cimento — Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12023: Solo-cimento - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15775: Edificações habitacionais – desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: Tijolo de solo-cimento — Requisitos. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2015 – Ano base 2014: Relatório Síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2015. 62 p.

CALDAS, L. C.; SPOSTO, R. M.; PAULSEN, J. S.; SANTOS FILHO, V. M. Emissões de CO_2 no ciclo de vida de habitações de interesse social: estudo de caso para o DF-Brasil. SIBRAGEC ELAGEG, 2015.

CALDEIRA, D.M. Avaliação do ciclo de vida energético na fase de pré-uso e uso de telhas termoacústicas com poliestireno expandido para edificação habitacional no DF. Brasília, 187p., 2016. Dissertação (Mestrado) –Universidade de Brasília.

CASTILHO, D.; ARRAIS, T. A.; Eletrificação e modernização do território em Goiás-Brasil. Simposio Internacional Globalización, inovación y construción de redes técnicas urbanas em América y Europa, 2012.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES (CEI). Déficit Habitacional no Brasil 2013-2014. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/informativos-cei-eventuais/634-deficit-habitacional-06-09-2016/file>. Acesso em 19 out. 2016.

GRANDE, F. M., Fabricação de Tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem a adição de sílica ativa. São Carlos, 180p., 2003. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos.

INSTITUTO MAURO BORGES (IMB). Goiás em Dados - 2013: Energia Elétrica. Goiânia, 2013. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/viewnot.asp?id_cad=1208&id_not=12>. Acesso em 20 out. 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Guidelines for National greenhouse gas inventories, v. 2: Energy, 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp> Acesso em 20 out. 2016.

MARQUES, W; CASTRO, R; ISAAC, M. Desempenho térmico de alvenaria de solo-cimento e sua Adequação ao zoneamento bioclimático brasileiro. X ENCAC - Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído. Anais. Natal, 2009.

MIRANDA, M. M. Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil: implicações da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida. São Carlos, 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.

NABUT NETO, A. C. Energia incorporada e emissões de CO_2 de fachadas. Estudo de caso do steel frame para a utilização em Brasília. Brasília, 155 p., 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.

SILVA, B. V. Construção de Ferramenta Para a Avaliação do Ciclo de Vida de Edificações. São Paulo, 146p., 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.

SPOSTO, R. M; PAULSEN, J. S. An embodied energy analysis of social housing in Brazil: Case. Study for the program my house my life. International Journal of Civil and Environmental Engineering, v.12, n.5, p.40-46, 2012.

TAVARES, S. F. Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energética de Edificações Residenciais Brasileiras. Florianópolis, 225 p., 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

Agradecimentos ao CNPq que concedeu as bolsas de iniciação científica e do programa Jovens Talentos, ferramentas essenciais para a realização dessa pesquisa.

244. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UMA VEDAÇÃO DE LIGHT WOOD FRAME EM UMA HABITAÇÃO PARA BRASÍLIA - DF

SPOSTO, Rosa[*1] (rmsposto@unb.br); MELO, Pedro[1](pedro.meloc@gmail.com);*
[1]Universidade de Brasília (UnB), Brasil

RESUMO
Considerando-se a necessidade de minimização dos impactos ambientais devido à construção de habitações, sistemas construtivos industrializados vêm sendo empregados no mercado brasileiro, tais como o *light steel frame* e o *light wood frame*, entre outros. Embora estes sistemas apresentem maior produtividade que os sistemas convencionais, é importante a avaliação de aspectos ligados à sua sustentabilidade ambiental. Alguns indicadores dos impactos ambientais podem ser utilizados nesta avaliação, tais como emissões de CO_2, compostos orgânicos voláteis e depleção abiótica. Este trabalho tem como objetivo a avaliação da emissão de CO_2 e a depleção abiótica de um componente de vedação de *light wood frame* de uma habitação em Brasília. Foi considerado o ciclo de vida total, incluindo as fases de pré-uso, uso e pós-uso e utilizou-se a ferramenta de Avaliação de Ciclo de Vida de CO_2 equivalente ($ACVCO_2eq$), que consiste no inventário de emissões de CO_2 equivalente e na análise dos resultados. A unidade funcional (UF) adotada foi o m^2 e a metodologia consistiu em análise híbrida, onde alguns dados foram obtidos a partir das literaturas nacional e internacional e outros junto aos fabricantes dos componentes do sistema. A depleção abiótica foi levantada por meio de fatores da literatura. Espera-se que esse trabalho possa contribuir com a sustentabilidade ambiental a partir de especificações de sistemas construtivos com menor percentual de emissão de poluentes.
Palavras-chave: *Light wood frame*; $ACVCO_2$; Depleção Abiótica; Habitação

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF LIGHT WOOD FRAME MASONRY USED IN SOCIAL HOUSING IN BRASILIA - DF

ABSTRACT
Considering the necessity of minimizing environmental impacts due to housing construction, industrialized construction systems have been inserted in the Brazilian market, such as light steel frame and light wood frame. Even though these systems have a better productivity than the conventional system, it's important to evaluate its aspects related to environmental sustainability. Some indicators of environmental impacts can be used in this evaluation, such as CO_2 emissions, volatile organic compost and abiotic depletion. This study aims to assess CO_2 emissions and abiotic depletion of a sealing element of a habitation made of light wood frame located in Brasilia. It was considered the complete life cycle, including pre-use, use and post-use phases. The tool of Life Cycle Assessment of equivalent CO_2 ($LCACO_2$) was used and it consists on the inventory of equivalent CO_2 emissions and on the assessment of the results. It was adopted the m^2 as the functional unit and the methodology consists on hybrid analysis, where some results were obtained from national and international literatures and others from the manufacturers of the components of the wood frame system. Regarding to abiotic depletion, it was used a factor from the literature to collect its percentage. It's expected that this study may contribute to the environmental sustainability and may create constructive systems specifications with less percentage of pollutant emissions.
Keywords: Light wood frame; $LCACO_2$; Abiotic Depletion; Housing

1. INTRODUÇÃO

A indústria de construção civil impacta significativamente o meio ambiente em todas as suas etapas, desde a extração de insumos até a demolição da edificação. Sabe-se que é a indústria que mais consome energia e materiais no mundo, na qual as edificações são responsáveis pela maior parte desses impactos (PARK et al, 2014), que ocorrem em termos de consumo de energia renovável, de matéria-prima e de emissões de gases do efeito estufa (GEE).

Desses impactos, tem-se a emissão de gases como um dos mais preocupantes devido a sua relação direta com o aquecimento global. De acordo com dados do The World Bank (2013), a emissão mundial de dióxido de carbono causada pela queima de combustíveis fósseis e produção de cimento atingiu 29,4 bilhões de toneladas em 2009.

Considerando-se os impactos ambientais causados pela construção civil e a necessidade de minimizá-los, alguns sistemas construtivos industrializados vêm sendo empregados no mercado brasileiro nos últimos anos, como por exemplo, o *light steel frame* e o *light wood frame*, que se apresentam como alternativas ao sistema convencional de alvenaria de blocos cerâmicos. Observa-se que o *ligth steel frame* tem sido mais explorado em estudos brasileiros, mesmo havendo uma previsão de antemão de bom potencial quanto ao uso do *light wood frame,* a partir de floresta plantada no Brasil. Além disso, tem-se que a madeira com manejo pode ser considerada um recurso renovável, o que justifica este trabalho, que tem foco no *light wood frame*.

É necessário ainda averiguar a sustentabilidade do *light wood frame* e, para isso, alguns indicadores de impactos ambientais podem ser utilizados, tais como emissões de CO_2, compostos orgânicos voláteis, conteúdo abiótico, entre outros. Neste trabalho foram considerados dois tipos de impactos, as emissões de CO_2 e a depleção abiótica.

1.1 Gases de efeito estufa e depleção abiótica

Os impactos referentes às emissões de gases do efeito estufa e à depleção abiótica são usualmente tratados em estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), que em geral considera todo o ciclo de vida de um produto ou processo. Nesta avaliação, é realizado um inventário das entradas de material e energia e das respectivas saídas em termos de emissões. A partir desse inventário inicial, é então realizada uma análise dos impactos ambientais causados. Neste trabalho, para as emissões de gases foram considerados o gás carbônico e outros gases do efeito estufa dados em CO_2 equivalente, isto é, o efeito que esses gases causam em termos de quantidade de CO_2 que causaria o mesmo efeito. A escolha de trabalhar com outros gases e não apenas com o CO_2 se deve ao fato de que há outras emissões que também impactam o meio ambiente severamente, como a emissão do gás metano (CH_4).

Além disso, também foi considerado importante discutir o impacto decorrente dos recursos não viventes, uma vez que o planeta se encontra em um caminho cada vez mais insustentável de consumo, devido principalmente ao uso intenso de combustíveis fósseis. Tal impacto é a depleção abiótica e sua análise depende de alguns fatores tais como o avanço tecnológico em extração de matéria-prima e a economia mundial, e o declínio dos recursos naturais nas reservas mundiais (OOERS, GUINÉE, 2016). Neste trabalho, em relação a depleção abiótica, foram considerados os recursos energéticos utilizados para as operações realizadas nos processos do *light wood frame*. Ainda, observa-se que tal indicador pode envolver o uso de recursos renováveis e de não-renováveis, mas para o presente estudo foram considerados apenas os não-renováveis, os combustíveis fósseis.

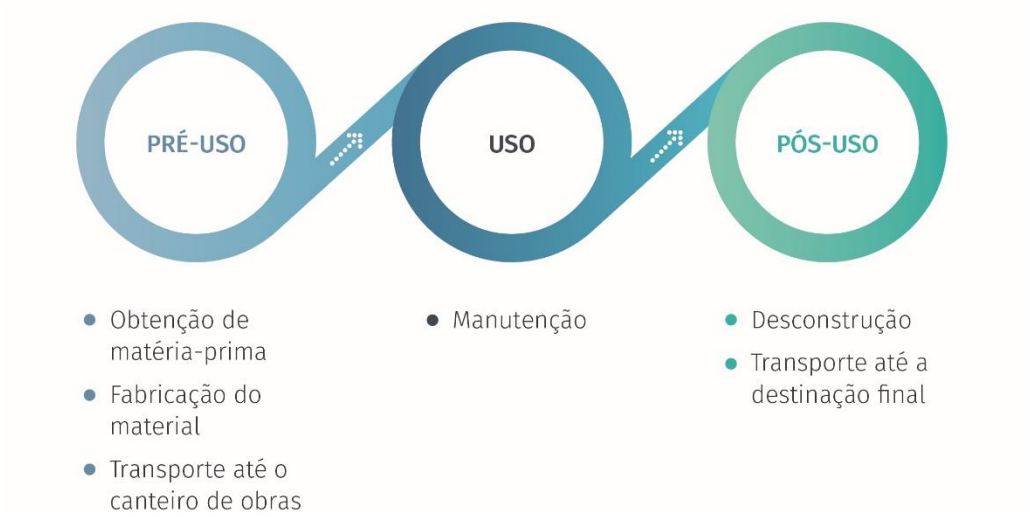
Desta forma, neste trabalho é feito um recorte da ACV, considerando estes dois tipos de impactos.

1.2 Avaliação do Ciclo de Vida de CO_2 equivalente ($ACVCO_2eq$)

A Avaliação do Ciclo de Vida de CO_2 equivalente é um estudo que consiste na análise de emissões de dióxido de carbono e outros gases, considerando as fases de pré-uso, uso e pós-uso de um produto ou sistema, que neste trabalho é a vedação de uma habitação popular.

A fase de pré-uso é composta pelas etapas de processamento dos materiais, englobando a obtenção de matéria-prima e a fabricação do produto, assim como o transporte deste para o canteiro de obras. Já a fase de uso considera os processos de manutenção da vedação, durante o período de vida útil da mesma. A fase de pós-uso considera a desconstrução dos materiais e o transporte dos mesmos para a destinação final, que pode ser um aterro ou um centro de reciclagem, por exemplo.

Figura 6. **Fases da Avaliação do Ciclo de Vida do CO_2**



2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivos:

- A avaliação do ciclo de vida de dióxido de carbono equivalente ($ACVCO_2eq$) do sistema de vedação de *light wood frame* em habitações populares. Foi considerado todo o ciclo de vida incluindo as fases de pré-uso, uso e pós-uso para a emissão de CO_2 e outros gases em CO_2 equivalente;
- O levantamento de dados referente à depleção abiótica do *light wood frame*.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Foi utilizada a ferramenta $ACVCO_2eq$ para o trabalho e o método adotado foi de análise híbrida, que consiste em listar os insumos considerados para a avaliação e depois utilizar um inventário de emissões de CO_2 juntamente com fatores de emissões, com base nas literaturas nacional e internacional. Sendo assim, não foi realizada coleta de dados desses fatores e, além disso, a $ACVCO_2eq$ foi considerada de berço ao túmulo. Em relação ao conteúdo abiótico, seu percentual foi levantado por meio de um fator encontrado na literatura internacional.

A literatura internacional considerada para os inventários de emissões de CO_2 equivalente foram alguns EPDs – *Environmental Product Declaration* – que são declarações internacionais[1]

referentes aos materiais envolvidos no processo de vedação de *light wood frame*. Tais documentos estão de acordo com a ISO 14025 (2009).
Para quantificar as emissões, foi adotado como parâmetro um projeto padrão de habitação popular localizada no DF de 45 m² de área. Os componentes considerados para o *light wood frame* estão descritos, com seus respectivos consumos, na Tabela 1 a seguir, de acordo com dados da ABDI (2015). Os valores de densidade foram retirados dos EPDs referentes a cada material.

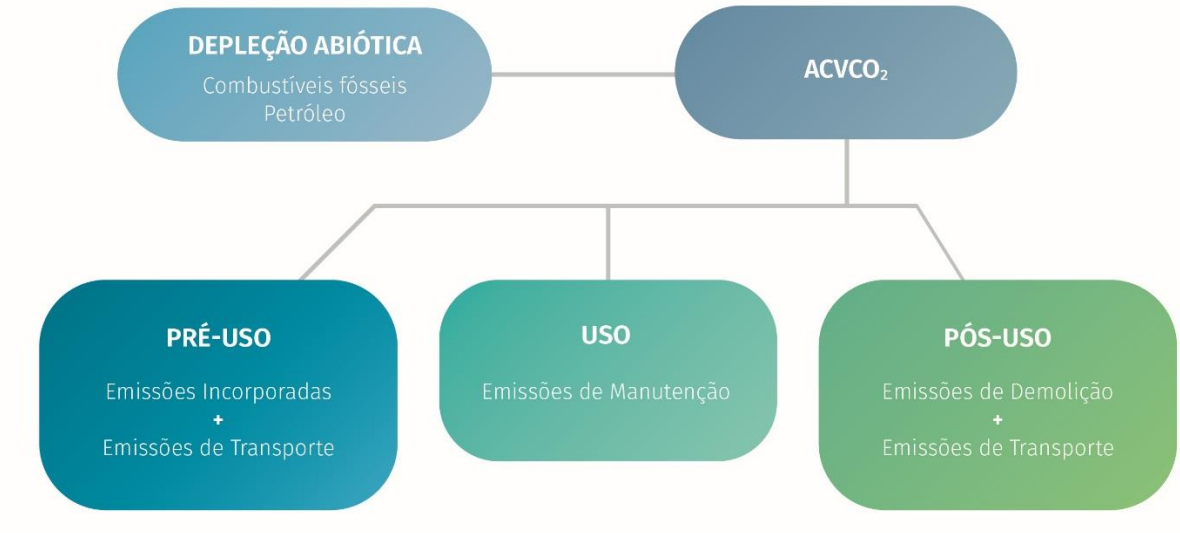
Tabela 6. **Tabela de consumo de *light wood frame* para uma habitação popular**

COMPONENTES	CONSUMO (UF)	DENSIDADE (kg/UF)	PESO	FONTE
Barreira Impermeável (PEAD)	96,19 m²	0,069	6,64 kg	IBU (2016)
Painel de gesso acartonado Drywall – espessura de 12,5mm	121,18 m²	8,35	1.011,85 kg	BPB (2013)
Placa cimentícia – Brasilit Classe A3 – espessura de 10mm	78,52 m²	16,64	1.306,57 kg	IBU (2013)
Lã de rocha – 50 mm de espessura	4,74 m³	90,5	428,97 kg	IBU (2012)
Chapa OSB – Classe 2 – 9,5 mm de espessura	1,89 m³	633,84	1.197,96 kg	American Wood Council (2013)
Perfil – *light wood frame* – 127 montantes de 38x89 mm; espaçamento de 40 cm e 2,70 m de altura	1,16 m³	433,57	559,31 kg	American Wood Council (2013)
Perfil – *light wood frame* – soleira 38x89mm; 40 metros de extensão	0,13 m³			
Parafusos - tipo rosca soberba – cabeça cônica estriada de 25 mm	982 un	7850	-	-
Parafusos - tipo rosca soberba - ponta agulha	1515 un	7850	-	-
Grampos galvanizados - tipo 14 – espaçamento de 150 mm	9340 un	7850	-	-
Grampos - tipo 80F – comprimento de 6 mm	602 un	7850	-	-

[1]O Brasil ainda está iniciando a coleta de dados para a criação de declarações ambientais nacionais, por isso foram utilizados dados internacionais.

Por uma limitação, não foram consideradas as juntas das placas cimentícias, as juntas das placas OSB, os grampos e os parafusos, uma vez que os mesmos, em termos de massa, não apresentam valores significativos quando comparados ao resto do sistema. Considerando os pesos específicos do aço de 7850 kg/m³ e do *light wood frame* de 433,57 kg/m³, o volume dos parafusos utilizados têm uma média de $2x10^{-6}$ m³, enquanto os grampos têm um volume menor ainda. Sendo assim, é possível observar que mesmo tendo uma densidade maior, a quantidade de massa dos parafusos e grampos é consideravelmente menor do que a madeira.
As variáveis consideradas para o estudo podem ser vistas na Figura 2 a seguir. Para a depleção abiótica, foi considerado especificamente o petróleo, devido ao uso predominante de óleo diesel em todas as etapas do ciclo de vida do estudo em questão.

Figura 7. **Variáveis consideradas no estudo**



3.1 Fase de pré-uso

Para a análise de dados da construção, foi adotado o parâmetro de potencial de aquecimento global (global warming potential), que considera todos os gases do efeito estufa reconhecidos pela IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Foram considerados fatores de emissão de CO_2 equivalente especificamente para a fase de pré-uso, retirados da literatura internacional, para cada componente do sistema de vedação. Para o transporte entre fábrica e obra, foi considerado apenas o CO_2 por limitações de dados. Além disso, não foram consideradas as emissões de execução por falta de dados.

Sabendo-se que o meio de transporte mais utilizado para esse tipo de atividade no Brasil é o rodoviário, neste trabalho adotou-se 0,0136 L/km·ton para o consumo médio de diesel, dado retirado de Nabut Neto (2011) e a equivalência de 1L de diesel igual a 35,5 MJ (BEN,2015). A partir disto e utilizando-se um fator de conversão de 0,074 kg CO_2/MJ (IPCC, 2006), é possível chegar a uma quantidade de emissão de CO_2 para cada quantidade transportada de 0,00004 kg CO_2/km·kg. Com a informação de quantidade dos materiais e a distância percorrida, obtém-se então as emissões de CO_2. É válido ressaltar que para esse cálculo, deve-se considerar o peso próprio do caminhão e o peso dos materiais transportados. Para isso, foi considerado um caminhão da Mercedes Benz de especificação 1620, de 10 toneladas. Além disso, é necessário considerar o transporte do caminhão vazio para a sua origem e, para isso, foi utilizado o mesmo fator de 0,00004 kg CO_2/km·kg considerando apenas o peso próprio do caminhão.

3.2 Fase de uso

Na fase de uso, em geral são considerados os processos operacionais tais como o gasto energético com aparelhos domésticos, cocção de alimentos e a manutenção. Porém, como este estudo considera somente o sistema de vedação, foram analisadas apenas as emissões de manutenção do *light wood frame* e de todos os outros componentes envolvidos nesse sistema.

Para a manutenção, foi adotado um tempo de vida útil da habitação de 50 anos. Segundo dados de Palácio (2013), tem-se a quantidade necessária de reposição dos componentes do sistema de vedação, considerando seus respectivos períodos de vida útil, por meio de fatores adimensionais de reposição (FR), de acordo com a Tabela 2 a seguir.

Tabela 7. **Vida útil para componentes do sistema e fatores adimensionais**

COMPONENTES DO SISTEMA	VIDA ÚTIL	FATOR DE REPOSIÇÃO
Placa de gesso	30	1
Placa cimentícia	40	1
Lã de rocha	30	1
Placa de OSB	30	1

De acordo com dados do EPD da barreira impermeável (IPU, 2016), este componente não requer manutenção e, portanto, não tem emissões associadas a esta etapa. Quanto a madeira, a partir do dado de Barillari (2002), que considera para a madeira *pinus* tratada uma vida útil superior a 30 anos quando exposta ao tempo e em qualquer situação, fixou-se um tempo de vida útil de 50 anos para o *light wood frame*, uma vez que este não estará exposto ao ar livre, mas sim protegido pelas placas cimentícia e de gesso.
Além dos fatores de reposição, também é necessário considerar fatores de emissão dos materiais do sistema de vedação, que são os mesmos utilizados para a fase de pré-uso. A partir desses fatores e do consumo dos materiais, é possível calcular a emissão na fase de manutenção de acordo com a Equação 1 a seguir, adaptada de Caldas (2015). Não foram consideradas as perdas, uma vez que o sistema é industrializado, assumindo que os materiais têm um alto índice de reaproveitamento.

$$EM = \frac{C_m \times FCO_2 \times FR}{1000} \quad (1)$$

Em que FCO_2 e FR já são conhecidos e
EM = emissões na manutenção (t);
C_m = consumo dos materiais (UF).

Além disso, também foram consideradas as emissões do transporte necessário para a manutenção, que seguiu o mesmo método de cálculo utilizado no pré-uso. Assim como na etapa de pré-uso, não foram consideradas as emissões de execução.

3.3 Fase de pós-uso

A madeira é ambientalmente sustentável e considerada um material reciclável, renovável e biodegradável, além de envolver menos energia no seu processo de transformação quando comparada a outros materiais (MARQUES, 2008). Devido a esse potencial de reuso, foi adotado nesse estudo o processo de desconstrução, em que a vedação é desmontada e encaminhada para um centro de reciclagem. Ou seja, não foi adotado o método de demolição, mesmo que seja comum nesta fase da avaliação do ciclo de vida.
Sendo assim, foram consideradas apenas as emissões de CO_2 originadas a partir da desconstrução do elemento de vedação, que envolve a remoção dos materiais e o transporte dos mesmos até a destinação final.
Para o cálculo de emissões no processo de desconstrução, foi adotada uma taxa de emissão de 0,01652 tCO_2/m^2 de construção de um estudo com características similares a este, com o perfil de madeira de 38 x 89 mm e com apenas um pavimento (NAKAJIMA, MURAKAMI, 2007). Nesta taxa já está incluso o transporte dos materiais desmontados para um aterro e para um centro de reciclagem, com as respectivas distâncias de 100 km e 50 km. Estes valores indicam uma

limitação do estudo, uma vez que não indicam os valores reais de distância para o aterro e o centro de reciclagem de Brasília, de 40 km e 20 km, respectivamente.
Com a área da habitação popular, foi possível obter então as emissões geradas para essa etapa.

3.4 Depleção abiótica

Para esse estudo, tem-se o uso predominante de óleo diesel e, portanto, a depleção abiótica foi levantada considerando o declínio do petróleo. Esse processo considera a extração do combustível fóssil e a depleção do elemento antimônio (Sb) como referência. Foi considerado um valor depleção abiótica para o petróleo de 0,0201, valor obtido de Van Ooers, et al (2002); este representa um fator de caracterização adimensional que deve ser multiplicado pela quantidade em massa de combustível fóssil consumido. O resultado final é um valor de antimônio equivalente, dado em quilogramas.
Para esse cálculo, foi considerada a quantidade de óleo diesel envolvida nos transportes. De acordo com Nabut Neto (2001), o caminhão de modelo 1620 da Mercedes Benz tem uma média de consumo de 2 km/l e a partir desse dado juntamente com a densidade de 0,85 kg/l do petróleo, obtém-se a quantidade final em massa do combustível.
Não foram considerados os combustíveis utilizados nos outros processos, uma vez que os dados coletados são secundários e não há precisão quanto ao uso de combustível relativo aos maquinários.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de emissão de CO_2 obtidos na fase de pré-uso se encontram na Tabela 3 a seguir. Os fatores de emissão utilizados para a fase de concepção foram obtidos das mesmas fontes referentes à densidade de cada material, conforme Tabela 1. Para o cálculo da distância dos materiais foram considerados fornecedores nacionais indicados abaixo da Tabela 3.
Com isso, obteve- um total de emissão de 7,15 tCO_2eq para o pré-uso, em que a fase de concepção é responsável por 26% desse valor e o transporte por 74%. Sedo assim, tem-se um valor de 0,16 tCO_2eq/m^2 de construção para essa etapa.

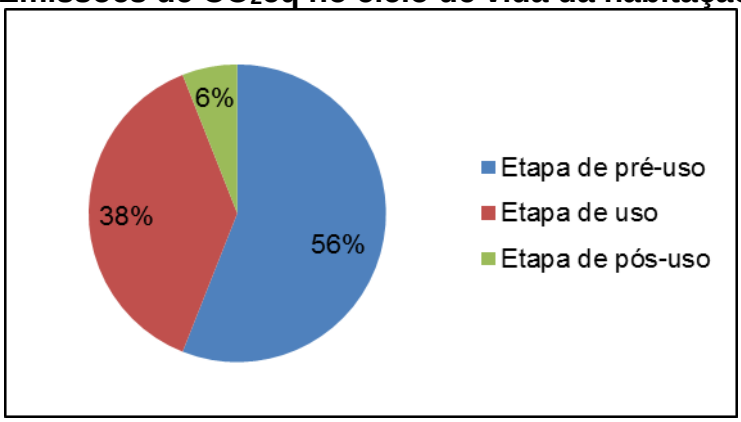
Tabela 8. **Emissões durante a fase de pré-uso**

MATERIAL	UNIDADE FUNCIONAL (UF)	FATOR DE EMISSÃO ($kgCO_2eq/UF$)	EMISSÕES NA FASE DE CONCEPÇÃO ($kgCO_2$)	DISTÂNCIA (km)	TRANSPORTE (FÁBRICA – OBRA) ($kgCO_2$)	TRANSPORTE (VOLTA) ($kgCO_2$)
Barreira impermeável	m²	3,35E-1	32,22	1292 km[1]	517,14	516,80
Placa de gesso	m²	2,10	254,48	722 km[2]	318,02	288,80
Placa cimentícia	m²	8,08	634,44	920 km[3]	416,08	368,00
Lã de rocha	m³	82,64	391,71	789 km[4]	329,14	315,60
OSB	m³	248,30	469,29	1292 km[5]	578,71	516,80
Soft wood	m³	72,64	93,70	1348 km[6]	569,36	539,20

[1]Barreira Impermeável – Ponta Grossa-PR (LP); [2]Gesso – Vespasiano-MG (Placo); [3]Placa cimentícia – Capivari-SP (Brasilit); [4]Lã de Rocha – Descalvado-SP (Lã Rocha); [5]OSB – Ponta Grossa-PR (LP); [6]Soft wood – Curitiba PR (TECVERDE);

Para a manutenção, foi encontrado um valor de emissão de 4,88 tCO_2eq. O componente que teve maior participação foi o OSB, responsável por 32% das emissões de CO_2 equivalente seguido das placas de gesso, responsáveis por 29% das emissões. Se considerarmos apenas as emissões relacionadas ao componente, sem o transporte, a placa cimentícia se sobressai com um valor de 634,44 kg de CO_2eq emitidos. O transporte nesta etapa é responsável por 65% das emissões.
Para a etapa de pós-uso, foi encontrado o valor de 0,74 tCO_2 emitidos. O dado é expresso apenas em CO_2 por limitações de dados. Considerando as emissões de todas as etapas, tem-se um valor de emissão de dióxido de carbono de 12,77 tCO_2eq para o elemento de vedação de *light wood frame*. Esse valor resulta em uma taxa de 0,28 tCO_2eq/m^2 de construção.
A partir da Figura 3 a seguir, são observadas as participações de cada etapa em termos do ciclo de vida total, onde é possível observar uma maior participação da etapa de pré-uso.

Figura 8. **Emissões de CO_2eq no ciclo de vida da habitação popular**



Para o cálculo de depleção abiótica, foram considerados 20.172 km percorridos, relativos ao transporte em todas as etapas do ciclo de vida total. Tal valor corresponde a 10.086 litros de óleo diesel, equivalentes a 11.865,88 kg. Sendo assim, tem-se um valor de depleção de 238,50 kg de antimônio equivalente.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo realizou a quantificação de emissões de CO_2 equivalente e a depleção abiótica para o componente de vedação de *light wood frame* para uma habitação popular em Brasília. Foi considerado todo o ciclo de vida da edificação, que inclui as fases de pré-uso, uso e pós-uso, sendo que na fase de uso não foram consideradas a iluminação, a cocção e o condicionamento artificial.
Para este estudo, concluiu-se que a fase de pré-uso é a mais impactante de todo o ciclo de vida. Porém, pode-se destacar que o transporte foi o responsável pela maior quantidade de emissão de CO_2 equivalente, com 74% das emissões de pré-uso e 64% das emissões de uso. Tal resultado está associado ao fato de que todos os componentes constituintes da vedação percorreram distâncias maiores que 700 km, devido a realidade do Brasil. Sendo assim, em uma realidade de outro país ou de outra cidade onde os fabricantes dos componentes se encontrem em locais mais próximos, os resultados atingem valores ainda menores.
Este trabalho atingiu o objetivo inicial de levantamento de dados e, com isso, espera-se que estudos futuros possam surgir de maneira que comprovem a sustentabilidade ambiental de

sistemas alternativos de vedação. Além disso, são recomendados estudos futuros que possam resolver todas as limitações neste estudo apresentadas, de maneira que se tenham resultados mais precisos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN WOOD COUNCIL. Environmental Product Declaration: North American Oriented Strand Board, 2013.

AMERICAN WOOD COUNCIL. Environmental Product Declaration: North American Softwood Lumber, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). Manual da Construção Industrializada. Volume 1: Estrutura e Vedação, 2015.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN) 2015: Relatório Síntese ano base 2014. Brasília, 2015.

BPB United Kingdom. Environmental Product Declaration: 12,5 mm Gyproc Wallboard, 2013.

BARILLARI, C. T. Durabilidade da madeira do gênero pinus tratada com preservante: Avaliação em campo com apodrecimento. Piracicaba, 79 p., 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

CALDAS, L. R. Avaliação do Ciclo de Vida Energético e de Emissões de CO_2 de uma edificação habitacional unifamiliar de light steel framing para diferentes dados de inventário. Brasília, 173 p.,2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Guidelines for National greenhouse gas inventories, v. 2: Energy, 2006.

INSTITUT BAUEN UND UMWELT (IBU). Environmental Product Declaration: Stone wool insulating materials in the medium bulk density range Deutsche ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co. OHG, 2012.

INSTITUT BAUEN UND UMWELT (IBU). Environmental Product Declaration: EQUITONE TECTIVA Eternit nv, 2013.

INSTITUT BAUEN UND UMWELT (IBU). Environmental Product Declaration: DuPont™ Tyvek® Monolayer 70 (1570B) DuPont de Nemours (Luxembourg) s.à r.l., 2016.

ISO (2009). ISO 14025. Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures.

MARQUES, L. E. M. M. O papel da madeira na sustentabilidade da construção. Porto, Portugal, 111 p., 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto.

NABUT NETO, A. C. Energia incorporada e emissões de CO_2 de fachadas. Estudo de caso do steel frame para a utilização em Brasília. Brasília, 155 p., 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.

NAKAJIMA, S; MURAMAKI, T. Comparison of two structural reuse options of two-by-four salvaged lumbers. SB07 Portugal: Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millenium. v. 1, p. 561-568, 2007.

PALÁCIO, C. D. U. Analise térmica e energia incorporada de vedações para habitações de interesse social. Estudo de caso com utilização do steel frame no entorno do DF. Brasília, 123 p.,2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.

PARK, H. S. et al. Evaluation of the influence of design factors on the CO2 emissions and costs of reinforced concrete columns. Energy and Buildings, v. 82, p. 378–384, 2014.

VAN OERS, L.; DE KONING, A.; GUINÉE, J.B.; HUPPES, G. Abiotic resource depletion in LCA. Improving characterisation factors for abiotic resource depletion as recommended in the new Dutch LCA handbook. RWS-DWW: Delft, The Netherlands, 2002.

ssp/projects/lca2/report_abiotic_depletion_web.pdf (accessed on 29 February 2016).

THE WORLD BANK. CO_2 emissions (metric tons per capita). 2013. Disponível em: <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>. Acesso em: 25 nov. 2016.

VAN OERS, L.; GUINÉE, J. The abiotic depletion potential: Background, updates, and future. Resources. 2016.

Agradecimento ao CNPq que concedeu a bolsa de iniciação científica, permitindo que essa pesquisa fosse realizada.

260. APLICAÇÃO DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY NA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES

MORGADO, Claudio[*1](claudi.morgado@gmail.com); BRASILEIRO, Alice*[2] *(alicebrasileiro@ufrj.br)*
[1]Universidade Federal do Rio de Janeiro (LABFUZZY / COPPE / UFRJ), Brasil
[2]Universidade Federal do Rio de Janeiro (AMBEE / FAU / UFRJ), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Todas as nações do mundo moderno dependem da eletricidade como elemento primário que vai movimentar suas economias. Entre os anos de 2012 e 2015, a crise hídrica e energética que assolou a região sudeste, maior responsável pelo desenvolvimento geoeconômico do Brasil, alertou a população brasileira para a relevância do consumo eficiente de energia elétrica. A ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) é cada vez mais utilizada pelo consumidor como fator preponderante na escolha dos produtos que consumam energia. Desta forma, é fundamental que os consumidores sejam informados da maneira mais precisa possível quanto à eficiência dos produtos que estiverem adquirindo, principalmente quando se constata que as classificações de maior eficiência já são as mais procuradas. Como a ENCE ainda é voluntária para as edificações, a maioria dos edifícios ainda não solicitam a etiquetagem, mas espera-se que, em breve, as edificações também passem a ser avaliadas em seu valor venal considerando as ENCEs que obtiverem. Em pesquisas realizadas pelos autores, utilizando o método prescritivo dos instrumentos legais para a concessão da etiqueta, os RTQs, verificou-se que os limites entre classificações consecutivas de objetos arquitetônicos são muitas vezes definidos por detalhes ínfimos que, na prática, não fazem grande diferença no consumo energético real do objeto em questão. Algumas vezes, duas classificações diferentes são atribuídas por valores unitários muito próximos que separam estas classificações consecutivas. As pesquisas realizadas levaram os autores à conclusão de que a classificação das ENCEs seria mais precisa na informação ao usuário se utilizasse uma representação baseada na teoria dos conjuntos *Fuzzy*, que permitiria uma identificação mais adequada da real classificação das edificações, ao invés da representação atual, que se baseia na teoria tradicional de conjuntos *Crisp*, que pode levar a uma faixa de classificação cuja realidade esteja muito próxima de outra faixa consecutiva.
Palavras-chave: Lógica Fuzzy, Eficiência Energética; Envoltória; Conforto Ambiental; Arquitetura Bioclimática

APPLICATION OF FUZZY SETS THEORY IN BUILDINGS ENERGY EFFICIENCY CLASSIFICATION

ABSTRACT
All the nations of the modern world depend on electricity as the primary element that will move their economies. Between 2012 and 2015, the water and energy crisis that hit the southeast, major responsible for Brazil's geoeconomic development, warned the Brazilians about the relevance of electric energy efficient consumption. ENCE (National Energy Conservation Label) is increasingly used by consumers as a preponderant factor for choosing products that consume energy. It is therefore essential for consumers to be informed as accurately as possible about the efficiency of the products they are purchasing, especially when it is found that the most efficient classifications are already the most sought after. As ENCE is still voluntary for buildings, most of them still do not request labelling, but is soon expected that the buildings will also be evaluated in their market value considering the ENCEs. In researches conducted by the authors, using the prescriptive method of legal instruments for

the concession of the label, RTQs, it has been found that the boundaries between consecutive classifications of architectural objects are often defined by details which make no great difference in the building's energy consumption. Sometimes two different classifications are assigned by very close unit values that separate these consecutive classifications. The researches carried the authors to the conclusion that the classification of the ENCEs would be more accurate for user's information if it used a representation based on *Fuzzy* sets theory, that would allow a more adequate identification of buildings real classification, instead of the current representation, which is based on the traditional *Crisp* sets theory, which can lead to a classification range whose reality is very close to another consecutive range.
Keywords: Fuzzy Logical; Energy Efficiency; Envelopment; Environmental Comfort; Bioclimatic Architecture

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da história das civilizações, o homem constrói seus abrigos, suas moradias, adaptando-os às características da região em que são inseridos. A partir do século XIX, após a Revolução Industrial, as, então, novas tecnologias (elementos estruturais, elevadores, aparelhos de ar condicionado), passaram a abrir uma gama de possibilidades de projetos arquitetônicos e obtenção de conforto dos usuários. Essas novas tecnologias, associadas ao consumo de energia elétrica, permitiram que os projetistas não mais necessitassem adequar a arquitetura ao clima e outras características locais (CORBELLA; CORNER, 2011).

Hoje, todas as nações do mundo moderno dependem da eletricidade como elemento primário que vai movimentar suas economias. Um déficit de energia sempre se torna um entrave ao crescimento econômico de qualquer país. No Brasil, as principais fontes de produção de energia elétrica são usinas hidrelétricas (cujas barragens inundam extensas áreas de florestas), usinas termelétricas (muito poluentes e de custo elevado por queimarem combustíveis fósseis) e usinas termonucleares. Em uma entrevista ao jornal O Globo (Rio de Janeiro, edição de 26 de abril de 2011), o professor de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, Roberto Schaeffer, afirmou que "para qualquer fonte de energia há um dano ambiental, nem que seja para produzir a tecnologia que ela usa". A queima de combustíveis fósseis e a fabricação de cimento geram grande quantidade de CO_2 (dióxido de carbono), que eleva a capacidade da atmosfera de reter calor. O desflorestamento vem reduzindo drasticamente a capacidade das florestas e dos campos reabsorverem este gás, intensificando sua permanência na atmosfera e contribuindo para o aquecimento do planeta e para alterações no clima, como tempestades violentas, verões causticantes e alterações das chuvas.

No ano de 2001 o Brasil atravessou uma séria crise energética, que levou a população a um racionamento de energia que perdurou por vários meses. Depois, entre os anos de 2012 e 2015, uma das maiores crises ambientais (hídrica e energética) da história voltou a assolar o país. Com o aumento do preço da energia elétrica em função dessas crises ambientais e do alto custo de sua produção, é de se esperar que a eficiência energética venha a se tornar cada vez mais relevante no momento em que um consumidor vai adquirir determinado produto que consuma energia. De fato, a ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (que exibe o resultado classificatório da avaliação da eficiência energética de um produto) já é um dos principais fatores que infere no valor destes bens. Em consulta a profissionais do mercado de varejo de produtos classificados por ENCES, tem-se a informação de que aqueles que possuem classificações com maior nível de eficiência são, atualmente, os mais procurados.

A ENCE faz parte do Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia), que tem por fim orientar o consumidor no ato da compra de produtos que consomem energia indicando os níveis de eficiência energética desses produtos, dentro de cada categoria. A indicação ocorre por meio da classificação do produto em um de cinco níveis expressos por letras, de "A" (mais eficiente) até "E" (menos eficiente).

A partir de 2003, as edificações passaram a fazer parte do programa, com a instituição do Procel Edifica (Programa Nacional de Conservação de Energia em Edificações), incentivando a conservação de energia e o uso racional dos recursos naturais (ventilação, iluminação natural, água, etc.), reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente, mas foi a partir de 2009 que as edificações passaram a poder receber a sua classificação por meio da ENCE. Naquele ano, foi lançado o RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) (BRASIL, 2013), e em 2010 foi lançado o RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais) (BRASIL, 2012).

Para as edificações, a etiquetagem ainda é um processo voluntário, com exceção dos edifícios públicos federais, novos ou em processo de *retrofit* (BRASIL, 2014), mas é de se esperar que, com o tempo, a ENCE venha a se tornar um fator preponderante no valor venal de um imóvel. Essa expectativa torna-se mais relevante quando se considera que o tempo de vida útil de uma edificação gira em torno de 50 anos e se estima a economia financeira que o consumo eficiente vai gerar no decorrer desse tempo de uso.

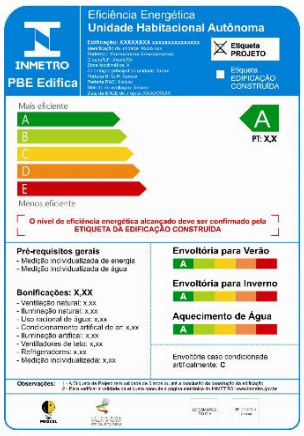
A classificação das edificações também é feita segundo os cinco níveis expressos pelas letras de “A” a “E”, exibidas na ENCE (Figura 1 e Figura 2), e é por meio dessa classificação que os consumidores passam conhecer o desempenho energético do imóvel que estejam adquirindo. Porém, a partir de pesquisas desenvolvidas pelos autores[12], pôde ser constatado que a informação da classificação do nível de eficiência, expressa em variáveis tradicionais de conjuntos *Crisp* (TANAKA, 1996), pode induzir o consumidor a percepções equivocadas sobre o real desempenho energético da edificação, já que resultado pode estar em uma determinada faixa de classificação, porém muito próximo de outra faixa consecutiva. Entendem os autores que a informação da classificação poderia ser mais bem expressa se fossem utilizadas variáveis de conjuntos *Fuzzy* (ROSS, 2004), por admitirem uma melhor aproximação do resultado real, sem promover a estanqueidade entre os diversos níveis de classificação. Segundo Bauchspiess (2008), tanto a lógica *Fuzzy* quanto as redes neurais artificiais são “aproximadores universais”, que permitem incluir a imprecisão na resolução de uma função.

Figura 1. ENCE de Edificações Comerciais



Fonte: Brasil (2013a)

Figura 2. ENCE de Edificações Residenciais



Fonte: Brasil (2013a)

Não exatamente na expressão dos resultados, mas nos procedimentos metodológicos para a sua obtenção, Neto e Fiorelli (2008) e Melo *et al.* (2013) sugerem que o uso das redes neurais podem ajudar a produzir resultados mais precisos na avaliação da eficiência energética nas edificações. E utilizando a lógica *Fuzzy* propriamente dita, mas não no Brasil, há autores que propõem a sua inclusão nos sistemas locais de avaliação de eficiência energética nas edificações. Na Turquia, Kabak *et al.* (2014) propuseram utilizar a lógica *Fuzzy* para estabelecer o peso de cada um dos critérios de avaliação adotados no seu sistema. Já na índia, Bansal *et al.* (2014) desenvolveram uma metodologia de avaliação mais flexível de pontuação para o sistema local, considerando a lógica F*uzzy* na atribuição de pesos e pontuações dos trinta e quatro

[12] Brasileiro; Morgado; Torres, (2014); Brasileiro *et al*., (2015); Rosa *et al.*, (2016).

critérios que somam pontos para a classificação final. Contudo, ao chegar nesta pontuação final, retornam aos conjuntos C*risp*, atribuindo limites estanques (na forma de quantidade de estrelas) para a expressão dos resultados obtidos. Para o consumidor final, que utilizará a informação como elemento de consideração na aquisição ou não de um produto, a informação em faixas estanques de classificação pode não ser a melhor expressão dos resultados, como será visto mais adiante. Assim, o presente artigo apresentará uma discussão sobre como a Lógica Fuzzy pode auxiliar na indicação da classificação de eficiência energética das edificações no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica).

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é discutir a forma de expressão do nível de classificação de eficiência energética das envoltórias de edificações em suas ENCEs, com vistas a sugerir uma expressão mais adequada e clara para o consumidor.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Os RTQs (BRASIL, 2012; 2013) que avaliam a classificação das ENCEs (Figuras 1 e 2) consideram diversas características das edificações: Zona Bioclimática (ABNT, 2005) da cidade onde será construída, materiais e cores da envoltória da edificação, ventilação natural, iluminação natural, eficiência dos sistemas de iluminação artificial, climatização artificial e aquecimento d'água, entre outros. Deve-se atentar que, dos elementos avaliados na classificação de eficiência energética das edificações, a envoltória é o único que não consome energia elétrica, mas suas características arquitetônicas e projetuais vão interferir diretamente no consumo energético dos sistemas de manutenção de conforto dos usuários. Por essa razão, a eficiência energética da envoltória se torna o fator diferencial na classificação da eficiência energética das edificações, sendo colocada em evidência neste artigo.

Utilizando o Método Prescritivo estabelecido nos RTQs (BRASIL, 2012; 2013) para classificação de eficiência energética em edificações, pesquisas[13] já haviam sido desenvolvidas pelos autores com vistas a atribuir e possivelmente melhorar o nível de eficiência energética das envoltórias de edificações, primeiramente na cidade do Rio de Janeiro e posteriormente, em cidades com outras condições climáticas. Por meio de um olhar transversal aos resultados de tais pesquisas e da análise mais detalhada de como é realizado o procedimento classificatório, foi possível chegar às análises apresentadas neste artigo, conduzidas a partir da dualidade de expressão de resultados na teoria dos conjuntos *Crisp* e *Fuzzy* (TANAKA, 1996), que se mostraram mais adequados para a proposta.

3.1 Classificação da envoltória pelo RTQ-C (Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas)

O RTQ-C (BRASIL, 2013) classifica a edificação em cinco níveis expressos por letras de "A" a "E", do melhor para o pior nível. Para tanto, são consideradas as classificações de três elementos: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. À classificação de cada um desses elementos é atribuído um valor numérico equivalente. Esse equivalente numérico é denominado EqNum (Tabela 1). Cada um dos elementos classificados tem um peso na avaliação ponderada da Pontuação Total (PT) (Tabela 2) da classificação final da edificação: envoltória (EqNumEnv) tem peso 3; iluminação (EqNumDPI) tem peso 3; e condicionamento de ar (EqNumCA) tem peso 4.

[13] Mencionadas na nota número 1.

Tabela 1. EqNum para cada nível de eficiência

Classificação parcial	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: Brasil (2012; 2013)

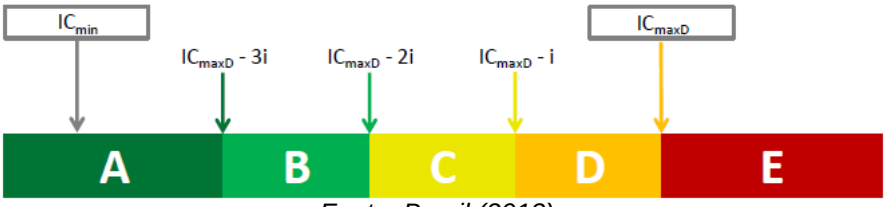
Tabela 2. Classificação final do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida

PT	Classificação final
≥ 4,5 a 5	A
≥ 3,5 a < 4,5	B
≥ 2,5 a < 3,5	C
≥ 1,5 a < 2,5	D
< 1,5	E

Fonte: Brasil (2012; 2013)

A classificação da envoltória de uma edificação é calculada a partir de um indicador de consumo obtido por uma equação. São um total de 10 equações, cuja indicada será determinada a partir da Zona Bioclimática correspondente e da área média dos pavimentos ser maior ou menor do que 500m^2. A equação indicada para a edificação em avaliação determinará indicadores de consumo máximo (IC_{maxD}) e mínimo (IC_{min}) de referência (Figura 3), e seus respectivos intervalos para cada classificação. A mesma equação definirá o valor final do indicador de consumo da envoltória avaliada, indicando a respectiva classificação e seu equivalente numérico correspondente. Cada equação considera da edificação fatores como forma (FF), altura (FA), percentual de aberturas nas fachadas (PAF), ângulos de sombreamento (AVS e AHS) e fator solar dos vidros (FS). Esta classificação vai depender do cumprimento de pré-requisitos como transmitâncias térmicas máximas e absortâncias solares máximas das superfícies externas da edificação (envoltória).

Figura 3. Indicadores de consumo de referência e suas respectivas classificações



Fonte: Brasil (2013)

3.2 Classificação da envoltória pelo RTQ-R (Edificações Residenciais)

O RTQ-R (BRASIL, 2012) classifica a envoltória de cada uma das unidades habitacionais autônomas independentemente. Essa classificação se dá por meio da classificação individual de cada ambiente de permanência prolongada da unidade habitacional (geralmente, salas e dormitórios), que recebe um valor numérico equivalente à sua classificação (Tabela 1). As zonas bioclimáticas 1 a 4 (ABNT, 2005) recebem essa classificação para situações de verão ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$), quando é buscado o resfriamento do ambiente, e para as situações de inverno ($EqNumEnvAmb_A$), quando o aquecimento do ambiente é o desejável. Nas zonas bioclimáticas 5 a 8 (ABNT, 2005), os ambientes são classificados somente nas situações de verão. A classificação da envoltória da unidade habitacional autônoma recebe um equivalente numérico (EqNumEnv) a partir da média dos equivalentes numéricos dos ambientes, ponderados por suas respectivas áreas. Nas cidades onde é necessária a avaliação para inverno e verão, é feita uma média ponderada em função da prevalência de cada situação ao longo do ano, definido no RTQ-R (BRASIL, 2012) para cada zona bioclimática de 1 a 4. A classificação residencial avalia propriedades térmicas da envoltória, área de aberturas, tipologia de esquadrias e orientação dos ambientes, entre outros elementos. Há pré-requisitos que devem ser

cumpridos para se manter a classificação obtida, limitando características de propriedades térmicas e estabelecendo regras que privilegiam ventilação natural e iluminação natural.
Os limites das classificações para as situações de resfriamento e de aquecimento são expressos, para cada Zona Bioclimática, em graus hora de resfriamento (GH_R)[14] e consumo relativo para aquecimento (C_A) (kWh/m².ano), respectivamente. As tabelas 3 e 4 são exemplos dos limites das classificações para a Zona Bioclimática 4.

Tabela 3. Zona Bioclimática 4
Classificação para a condição de verão

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Resfr}$	Condição
A	5	$GH_R \leq 727$
B	4	$727 < GH_R \leq 1453$
C	3	$1453 < GH_R \leq 2180$
D	2	$2180 < GH_R \leq 2906$
E	1	$GH_R > 2906$

Fonte: Brasil (2012)

Tabela 4. Zona Bioclimática 4
Classificação para a condição de inverno

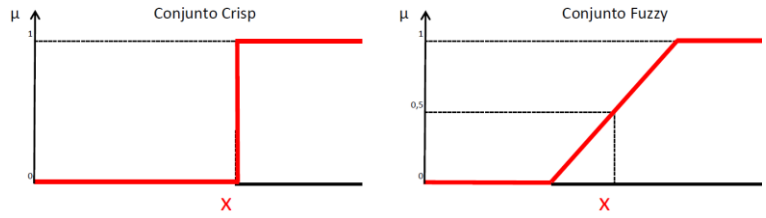
Eficiência	$EqNumEnvAmb_A$	Condição
A	5	$C_A \leq 5{,}838$
B	4	$5{,}838 < C_A \leq 11{,}675$
C	3	$11{,}675 < C_A \leq 17{,}513$
D	2	$17{,}513 < C_A \leq 23{,}350$
E	1	$C_A > 23{,}350$

Fonte: Brasil (2012)

3.3 Conjuntos *Crisp vs.* conjuntos *Fuzzy*

Analisando as classificações das envoltórias das edificações, tanto residenciais quanto comerciais, percebe-se imediatamente que os limites entre as classificações consecutivas são definidos por valores unitários específicos e limítrofes. A variação de uma unidade dos valores de referência das classificações pode ser o suficiente para que uma envoltória receba a classificação no nível seguinte, com maior ou com menor grau de eficiência. Estes conjuntos de valores de referência pertencentes a cada uma das classificações de eficiência energética são representados pela teoria tradicional de conjuntos *Crisp*.
Na lógica *Crisp* um determinado elemento pertence única e exclusivamente a um determinado conjunto correspondente. Essa teoria trabalha com sistemas lógicos binários, onde o conceito verdade é absoluto e os valores verdadeiro (1) ou falso (0) são as únicas correspondências a este conceito.

Figura 4. Representação gráfica dos conjuntos *Crisp* e *Fuzzy*



Fonte: Edição dos autores a partir de Tanaka (1996)

A lógica *Fuzzy* (Nebulosa) trabalha com linhas de raciocínio que substituem o exato pelo aproximado (TANAKA, 1996). Na teoria dos conjuntos *Fuzzy* um elemento *x* pode pertencer a um determinado conjunto *M* e também a um outro conjunto *N*. Por exemplo, se trabalharmos com a variável linguística *idade* e com os termos linguísticos *jovem* e *adulto*, é correto afirmar que um homem de 30 anos já é adulto, mas ainda é jovem. Basta classificar o grau de pertinência (μ) deste homem a cada um dos conjuntos correspondentes. O grau de pertinência (μ) é uma grandeza

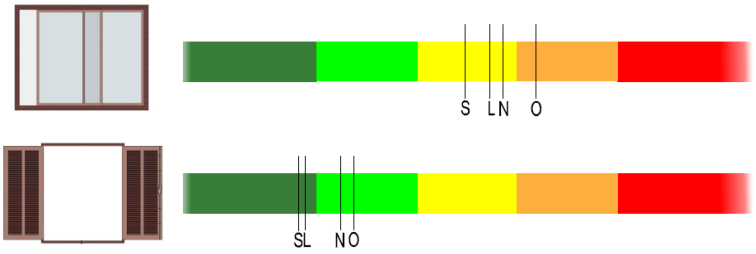
[14] GHR: Graus-hora de resfriamento, unidade na qual são produzidas as respostas na equação de $EqNunEnv_{Resfr}$, significando o somatório da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura de base, quando a primeira está acima da segunda, no caso de esfriamento, adotando a temperatura de base como 26° C (BRASIL, 2012).

adimensional, com valores que variam entre 0 e 1, onde μ=0 significa que não há pertinência e onde μ=1 significa que o elemento pertence totalmente ao conjunto em questão (Figura 4).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma das pesquisas realizadas pelos autores (BRASILEIRO; MORGADO; TORRES, 2014) foram analisadas a orientação (Norte, Sul, Leste ou Oeste), a área de abertura (F_{vent}) e a existência ou não de sombreamento (somb) de esquadrias em ambientes residenciais no Rio de Janeiro (Zona Bioclimática 8) e suas influências na classificação de eficiência energética. Os resultados da classsificação, em escala de grau hora de resfriamento (GH_R), atingidos por estes ambientes foram apresentados em um sistema linear com as posições correspondentes aos valores de referência das classificações (Figura 5).

Figura 5. Representação gráfica comparativa do resultado da classificação do mesmo ambiente avaliado com dois modelos diferentes de esquadrias, testados para quatro orientações



Fonte: Brasileiro; Morgado; Torres (2014)

Na linha superior da Figura 5, tem-se que as orientações Sul, Leste e Norte das esquadrias atingem classificação C (na faixa amarela), todas com $EqNumEnv_{Resfr}$ = 3, mas a orientação Sul é claramente mais eficiente que as outras (Leste e Norte). Já no estudo de caso representado na parte inferior da Figura 5, as orientações Sul e Leste das esquadrias levam o ambiente à classificação A (na faixa verde-escuro), de maior eficiência. Percebe-se, no entanto, que os quatro resultados atingidos no estudo de caso estão próximos dos limites entre as classificações A (na faixa verde escuro) e B (na faixa verde claro). Contudo, para o consumidor leigo, que irá adquirir um imóvel com a classificação de eficiência energética, a princípio, não haverá diferença entre as orientações situadas em uma mesma faixa de classificação, porque todas são representadas pela mesma letra e cor. Isso coloca, por exemplo, as situações Norte e Oeste, na barra superior da Figura 5, bem próximas, apesar de cada uma estar em uma faixa diferente. Por outro lado, na mesma barra, as situações Sul e Norte, apesar de estarem na mesma faixa, têm uma distância maior entre elas, aferindo à primeira situação uma maior eficiência energética.

Deve ser mencionado que, na ENCE residencial, é possível, para alguém que tenha algum conhecimento sobre a etiquetagem, saber o real valor numérico da classificação, por meio do valor da pontuação total (PT), colocado logo abaixo da letra de classificação (Figura 2). Porém, para a grande massa de consumidores, tal informação não é facilmente compreendida. Além disso, ainda no âmbito de quem conheça a etiquetagem, o valor da pontuação total considera todos os sistemas avaliados além da envoltória, não sendo possível, perceber, **em termos numéricos**, diferenças nas classificações parciais desses sistemas. Uma expressão de resultados por meio da Lógica *Fuzzy* poderia indicar, por exemplo, que na barra superior da Figura 5, a orientação Oeste tem um grau de pertinência ao conjunto de classificação nível D tal que está muito próximo ao conjunto de classificação nível C, e que a orientação Norte, apesar de estar no conjunto de classificação nível C,

está muito próximo ao nível D, sendo bastante diferente da orientação Sul, que apresenta um grau de pertinência quase total e indiscutível ao conjunto de classificação C.

Em outra investigação desenvolvida pelos autores (ROSA *et al*., 2016), comparando o desempenho na eficiência energética da envoltória de um mesmo ambiente (mesmas características construtivas, dimensões e orientação) em diversas zonas bioclimáticas do país, também foi possível constatar outra situação onde o uso da Lógica *Fuzzy* seria mais apropriado. Como já mencionado, para a avaliação da classificação de eficiência energética em residências localizadas nas Zonas Bioclimáticas 5 a 8, somente a condição de verão é analisada, ou seja, o desempenho que a envoltória obtiver, será aquele a ser considerado em todo o ano, pela prevalência do número de dias quentes sobre o número de dias frios. Um exemplo de cidade nestas condições é o Rio de Janeiro.

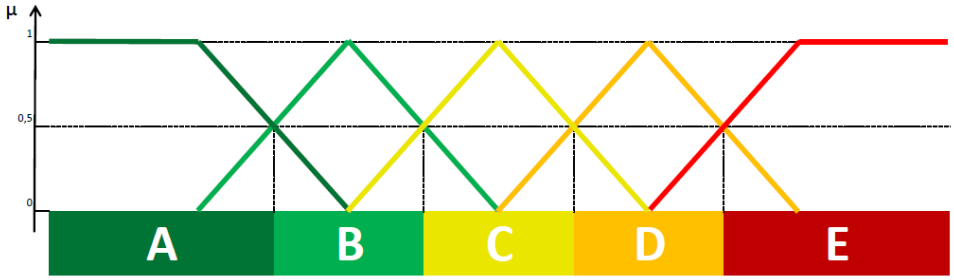
Já nas Zonas Bioclimáticas 1 a 4, a avaliação se faz por meio da análise das condições de verão e de inverno, variando seu peso no resultado final de acordo com a zona bioclimática. Por exemplo, Campos do Jordão, cidade classificada como ZB1 (ABNT, 2005), tem como componente da análise dos dias frios um peso de 92% no resultado final, e somente 8% de peso para os dias quentes. Já São Paulo, cidade classificada como ZB3, essa relação é de 36% para o inverno e 64% para verão. Os resultados parciais (inverno e verão) são ponderados segundo sua Zona Bioclimática para, juntos, produzirem uma média que expressará a classificação do nível de eficiência energética da envoltória.

Porém, para a efetivação dessa média ponderada, os valores considerados não são os resultados propriamente ditos de suas equações de aquecimento ($EqNumEnv_A$) e resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$), mas suas respectivas classificações por nível, expressos em letras que têm seus equivalentes numéricos (Tabela 1). Dessa forma, duas envoltórias na Zona Bioclimática 4, avaliadas para o verão, por exemplo, cujo resultado em GH_R para uma delas, tenha sido 728, e para outra tenha sido 1452, teriam, ambas, a mesma classificação, letra B, segundo a Tabela 3. A letra B então é transformada em seu equivalente numérico (B→4) e é com esse quantitativo “4” que ambas envoltórias entrarão com sua parcela de verão na equação do resultado final, a ser ponderado com a parcela de inverno. Porém, são duas envoltórias bem diferentes, uma com resultado 728 GH_R, quando um resultado ≤ 727 GH_R já a classificaria como nível A; e a outra envoltória, com resultado 1452 GH_R, quando um resultado >1453GH_R a classificaria como C. Ou seja, duas classificações quantitativamente diferentes acabam sendo igualadas pela representação que só admite, a cada elemento, um único conjunto, sem admitir sua real posição em relação aos seus limites máximo e mínimo.

As análises dos resultados destas pesquisas levaram os autores a questionar a representação tradicional das ENCEs, em particular para o caso das envoltórias das edificações. Percebe-se claramente que resultados numéricos muito próximos, em termos de eficiência energética, podem ter classificações distintas. Da mesma forma, resultados não tão equivalentes poderiam receber a mesma classificação de eficiência energética.

Os autores concluíram que a adoção de um resultado limítrofe entre duas classificações consecutivas seria mais preciso em sua representação se fosse expresso através de uma representação baseado na lógica *Fuzzy*, onde essa classificação limítrofe expressasse a pertinência μ=0,5 para cada uma das mesmas (Figura 6). Ainda baseado nessa representação, a pertinência total e exclusiva de uma classificação (μ=1) seria sua localização no centro linear da faixa desta classificação. À medida que se afastasse desse centro linear a pertinência em questão passaria a diminuir, enquanto a pertinência à classificação a qual estivesse se aproximando começaria a aumentar.

Figura 6. Gráfico-conceito para embasar a expressão do resultado da avaliação de eficiência energética utilizando representações de conjuntos *Fuzzy*



Fonte: Autores

Quando se considera que a classificação tem por objetivo informar ao consumidor a eficiência energética do produto que está adquirindo, que este produto vai ser utilizado por um prazo longo e que esta classificação irá inferir no valor venal deste produto, conclui-se que esta representação deve ser expressa da maneira mais clara e objetiva, não deixando margens a informações imprecisas.

5. CONCLUSÃO

O uso eficiente da energia disponível, atualmente, não é só recomendado, mas necessário. Afinal, conservar a energia já produzida é menos oneroso do que produzir nova. Em se tratando de edificações, reside na envoltória o diferencial de seu desempenho energético, ainda que ela, propriamente dita, não consuma energia, como um aparelho de ar condicionado, por exemplo. Este, que deve possuir também a máxima eficiência energética possível, pode ser instalado em qualquer edificação, mas terá o seu funcionamento alterado, de alguma forma, pelo desempenho da envoltória na qual está posicionado.

Por se caracterizar por uma avaliação complexa, onde estão presentes diversas variáveis com diversos níveis de interações entre si (forma, cor, material utilizado, orientação etc.), sugere-se que as edificações tenham sua representação de avaliação de modo a permitir uma leitura mais clara da sua real classificação, o que pode ser feito por meio da lógica *Fuzzy*. Como já visto, há estudos que sugerem a sua inserção na metodologia de cálculo, e no presente trabalho, sugere-se que a expressão do resultado obtido adote a mesma lógica, independentemente da metodologia de cálculo utilizada.

Em se tratando de um bem imóvel que está sendo adquirido e considerando que este bem é de um valor monetário muito expressivo para a maior parte da população brasileira, não se pode desconsiderar o quanto de diferença monetária pode ser aferida a este bem em função da representação da eficiência do consumo de energia elétrica. A precisão desta informação é um direito do consumidor e, como tal, deve ser constantemente analisada e aperfeiçoada em prol do respeito individual do cidadão e de uma sociedade mais bem informada e sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Desempenho Térmico de Edificações.** NBR 15220. Rio de Janeiro, 2005.

BANSAL, S.; BISWAS, S.; SINGH, S.K. Approach of fuzzy logic for evaluation of green building rating system. **International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering.** Issue 3, V.2, p. 35-39, 2014.

BAUCHSPIESS, Adolfo. **Introdução aos sistemas inteligentes: aplicações em engenharia de redes neurais artificiais, lógica fuzzy e sistemas neuro-fuzzy**. Apostila. Universidade de Brasília, 2008. Disponível em www.ene.unb.br/adolfo/Lectures/ICIN/isi.pdf. Acesso em 07 mar 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. Brasília, 2013.

_____. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasília, 2012.

_____. **Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasília, 2013a.

BRASIL. Ministério do Orçamento, Planejamento e Gestão. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. **Instrução Normativa Nº 2**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.comprasgovernamentais.gov.br/paginas/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-4-de-junho-de-2014>. Acesso em março 2015.

BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Claudio; TORRES, Thiago. Influência das esquadrias na classificação do nível de eficiência energética de habitações no RJ. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, 2014, **Anais...** Maceió, ENTAC 2014.

BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Claudio; TORRES, Thiago; POHLMANN, Gabriela. Ambientes residenciais com mais de uma fachada: influência na classificação de eficiência energética. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2015, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

CORBELLA, Oscar; CORNER, Viviane. **Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical para a redução do consumo energético.** Rio de Janeiro: Revan, 2011.

HERNANDEZ NETO, A.; FIORELLI, F. Comparison between detailed model simulation and artificial neural network for forecasting building energy consumption. **Energy and Buildings.** V.40, p.2169–2176, 2008.

KABAK, Mehmet; KÖSE, Erkan; KIRILMAZ, Oğuzhan; BURMAOĞLU, Serhat. A fuzzy multi-criteria decision making approach to assess building energy performance. **Energy and Buildings**. V.72, p.382-389, 2014.

MELO, A., LAMBERTS, R., CÓSTOLA, D., HENSEN, J. Development of a method to predict building energy consumption through an artificial neural network approach. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION, 2013, Chambery. **Proceedings**... Chambery: IBPSA, p. 644-651, 2013.

ROSA, Cinthya; TORRES, Thiago, BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Claudio. **Influência da orientação cartográfica no posicionamento de janelas segundo parâmetros de eficiência energética definidos para habitações no sudeste e no sul do Brasil.** In: XXXVIII Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Tecnológica, Artística e Cultural da UFRJ, Rio de Janeiro, 2016, **Caderno de Resumos....** Rio de Janeiro, 2016.

ROSS, Timothy J. **Fuzzy logical with engineering applications.** New Mexico: Wiley, 2004.

TANAKA, Kazuo. **An introduction to Fuzzy logic for practical applications.** New York: Springer, 1996

262. ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO DO SAGUÃO DO EDIFÍCIO "VILA PENTEADO"

ALVES, Carolina A.[1](carolina.alves@gmail.com); GHOSN, Aparecida A. B.[1] (cidaboughosn@gmail.com); LORENZETTI, Nathália[1](nathalia.lorenzetti@gmail.com); PINHA, Amanda P.[1] (amanda.pinha@gmail.com); PROENÇA, Mariana A.[1] (marianaproenca.arq@gmail.com); SILVA, Priscila W. S.[1] (priscilastark@yahoo.com.br)*
[1]Universidade de São Paulo (USP), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O presente trabalho tem como objetivo a avaliação do desempenho térmico do saguão e hall de entrada do edifício "Vila Penteado", sede do programa de pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Para tanto, foram medidos dados ambientais no local usando uma estação interna e outra externa. Numa segunda etapa, foram realizadas simulações computacionais termodinâmicas, utilizando o software TAS, a fim de explorar efeitos de diferentes possibilidades de ventilação natural neste ambiente. Por fim, os resultados foram avaliados com o índice de conforto adaptativo da norma ASHRAE:55 (2013). Conclui-se que a variação da condição de ventilação interfere pouco no conforto dos usuários, principalmente do pavimento inferior. Além disso, o edifício como um todo se compõe como um conjunto bastante inerte, proporcionando diferenças significativas (da ordem de até 6°C) entre os ambientes interno e externo nos horários mais quentes do dia, além da grande diferença de desempenho entre os pavimentos térreo e superior. Assim, este trabalho contribui para a compreensão do efeito da massa térmica e da ventilação natural em ambientes de edifícios antigos não climatizados com grande inércia térmica e possibilidades de operação das aberturas para variação da condição de ventilação.
Palavras-chave: Desempenho térmico. Inércia térmica. Ventilação natural.

STUDY OF THE THERMAL PERFORMANCE OF THE ENTRANCE HALL OF "VILA PENTEADO" BUILDING

ABSTRACT
In this study, we assessed the thermal performance of the Entrance Hall of "Vila Penteado" building, the headquarters for the graduate program of the School of Architecture and Planning of the University of São Paulo. To accomplish this, we measured environmental data on-site using an internal and an external station. We also tested the effects of different sources of natural ventilation using thermodynamic computer simulations (TAS software). The results were evaluated following the ASHRAE:55 (2013) adaptive comfort index guidelines. Our results show that changing the ventilation conditions has little effect on the users comfort, especially at the lower floor. Moreover, the building per se represents a very inert set, providing significant temperature differences (up to 6ºC – or 42.8ºF), at the hottest times of the day, between internal and external rooms, as well as between ground and upper floors. Hence, our study here contributes to a better understanding of how thermal mass and natural ventilation affect thermal performance in old non-conditioned buildings. These findings may provide possible solutions to improve thermal performance in buildings that present thermal inertia, such as old non-conditioned buildings.
Keywords: *Thermal performance. Thermal inertia. Natural ventilation.*

1. INTRODUÇÃO

A norma ASHRAE: 55 (2013) define conforto térmico como a condição de satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. As exigências humanas de conforto se relacionam, em parte, com o funcionamento de seu organismo (FROTA, SCHIFFER, 2003). O conceito de conforto abrange ainda fatores psicológicos subjetivos: a satisfação do usuário, seu conforto, saúde e prazer térmico (NICOL, HUMPHREYS, 2002).

Os modelos adaptativos de conforto térmico surgem na última década do século XX (MONTEIRO, ALUCCI, 2010) em oposição aos modelos estáticos de conforto, aplicáveis aos edifícios que se utilizam de sistema de condicionamento mecânico (FANGER, 1970). Os modelos adaptativos aplicam-se a edifícios naturalmente ventilados; propondo uma abordagem comportamental e se justificam pelo fato de que os indivíduos se adaptam ao meio, tanto fisiologicamente quanto psicologicamente. As opções que as pessoas encontram para reagir refletem sua situação: aquelas que têm mais oportunidades de se adaptar ao ambiente ou de adaptar o ambiente às suas necessidades provavelmente se sentirão menos desconfortáveis (NICOL *et al*., 2012).

Um edifício com bom desempenho térmico é aquele cuja temperatura interior se altera gradualmente em resposta a mudanças na temperatura externa e raramente extrapola as faixas de conforto estabelecidas (CIBSE, 2006).

A ventilação é importante para a remoção de carga térmica através da convecção. Ampliando o limite superior da zona de conforto, proporcionando um efeito de resfriamento fisiológico direto mesmo quando o ar está bastante quente, próximo dos 30ºC. Seu efeito no edifício é o de aproximar a temperatura do ar interno, e também das superfícies, da temperatura externa (GIVONI, 1994). A ventilação natural, proporcionada pelas aberturas na envoltória aliada a outras estratégias passivas, como o uso de massa térmica exposta no interior dos ambientes (GONÇALVES, 2015), pode favorecer oportunidades adaptativas e, assim, melhorar as condições de conforto e satisfação para os usuários.

O edifício “Vila Penteado”, mais conhecido como “FAU Maranhão” é um dos poucos remanescentes da arquitetura *art noveau* da capital paulista, construído entre os anos 1902 e 1903, projetado pelo arquiteto Carlos Ekman, tornou-se um ícone na paisagem do bairro de Higienópolis. Com área construída totalizando 2.206,42m², com dois pavimentos, além de porão e sótão, é caracterizado por um saguão central (objeto de estudo deste trabalho) e duas alas laterais estendidas, onde se distribuem os demais ambientes da edificação. O edifício encontra-se hoje num ambiente urbano adensado, onde a velocidade e a direção dos ventos tornam-se incertas, com menos áreas verdes e menor insolação causada pelas sombras dos novos edifícios**.**

2. OBJETIVO

Trabalho desenvolvido como estudo de caso[15] de desempenho térmico de edificação. O trabalho foi realizado em duas etapas:

I. Estudo do edifício e medições *in loco*: nos meses de setembro e outubro, foram medidos no local dados de temperatura e umidade do ar, temperatura de globo e velocidade do ar, os quais permitiram uma análise do desempenho térmico do ambiente estudado.
II. Simulação computacional: compreendendo que a função da simulação computacional seja indicar diferenças entre cenários distintos em estudos preditivos de conforto térmico (ALVES,

[15] Edifício “FAU Maranhão” onde se situa o curso de Pós-Graduação da FAUUSP. Compõe-se de um conjunto de estudos realizados por alunos, apresentado como trabalho final de disciplina de pós-graduação.

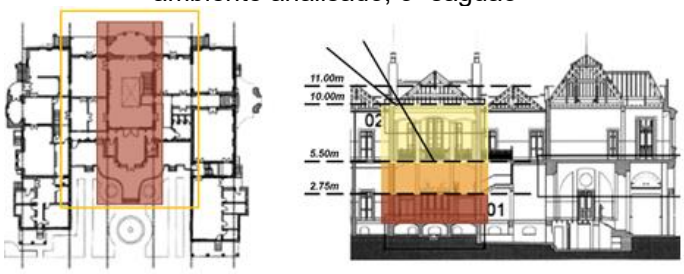
2014), a segunda etapa do trabalho se desenvolveu através da modelagem tridimensional e simulação computacional paramétrica do edifício no software TAS, permitindo-se a realização de avaliação da sensação de conforto térmico do ambiente estudado utilizando o índice de conforto adaptativo da norma ASHRAE:55 (2013).

3. ETAPA 1: MEDIÇÕES *IN LOCO*

O Edifício "Vila Penteado"

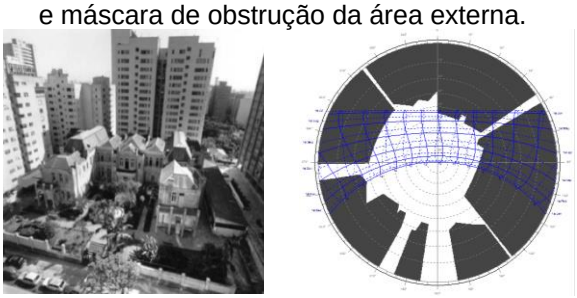
O Edifício em questão possui paredes estruturais em alvenaria de tijolos cerâmicos revestidos por argamassa e estrutura de madeira, com seis eixos estruturais principais perpendiculares à Rua Maranhão, e eixos estruturais secundários paralelos à referida rua.

Figura 1. Planta e corte do edifício, com destaque ao ambiente analisado, o "saguão"



Fonte: Refinetti, 2002, com alterações dos autores.

Figura 2. Implantação do edifício, entorno atual e máscara de obstrução da área externa.



Entorno edificado da FAU Maranhão[16]

Fonte: Neves et. al 2015[17]

O trabalho se concentra no ambiente central do edifício, o saguão, que se apresenta como espaço de transição, sem a incidência de radiação direta, porém diretamente conectado a outros ambientes com interface com o exterior (mezaninos no pavimento superior e varanda voltada para o estacionamento). Suas paredes são pintadas e possuem revestimento ornamental em madeira a meia altura, piso em ladrilho hidráulico e forro em madeira, conforme apresentado na figura 3.

Figura 3. Vista panorâmica do edifício e fotos do saguão atualmente



Fonte: Arquivo pessoal

Método etapa 1

Através de duas estações meteorológicas (figura 4), foram medidas as variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar e temperatura de globo. A primeira estação,

[16] Disponível em < http://www.piratininga.com.br/projeto_biblioteca_manharao.html> acesso em novembro 2016.
[17] NEVES, L.; CAVALCANTE, R.; DIAS, R. Desempenho Térmico da FAU Maranhão em dois Momentos Históricos. Disciplina AUT 5815 – Critérios para adequação climática das edificações, FAU – USP, 2015.

localizada no interior do saguão, coletou os dados internos, e a segunda, localizada no guarda-corpo da varanda do estacionamento, coletou os dados de referência externos, permitindo a sua comparação posterior (interno x externo). Por meio de sensores modelo HOBO registraram-se dados de temperatura do ar e umidade a cada 15 minutos, no período de 01/09/2015 a 08/10/2015, juntamente com termômetros de globo, para registro da variável temperatura de globo e Testos fio quente para registro da velocidade do ar.

Figura 4. Estações de medição localizadas no saguão (esq.) e na varanda voltada para o atual estacionamento (dir.)



Fonte: Arquivo pessoal

A Cidade de São Paulo

São Paulo está localizada a 23°32'S, 46°37'W, 60 km do mar, e sua altitude varia entre 720m e 850m. O clima é subtropical (Cfa segundo a classificação de Köppen) com temperaturas amenas. Sua área metropolitana é a 4ª maior no mundo, possuindo cerca de 21 milhões de habitantes (UN DESA, 2014) e a cidade concentra cerca de 11 milhões de habitantes (IBGE, 2011).

Análise dos resultados

A partir dos levantamentos realizados foram selecionados dois períodos de três dias, tendo como critério dados de temperatura mais extremos, ou seja, selecionou-se o período com as temperaturas máximas diárias e outro com as mínimas, quais sejam:

- 04/09 a 06/09 - frio e úmido (t~15-22ºC, UR~70-95%)
- 22/09 a 24/09 - quente e seco (t~22-34ºC, UR~25-65%)

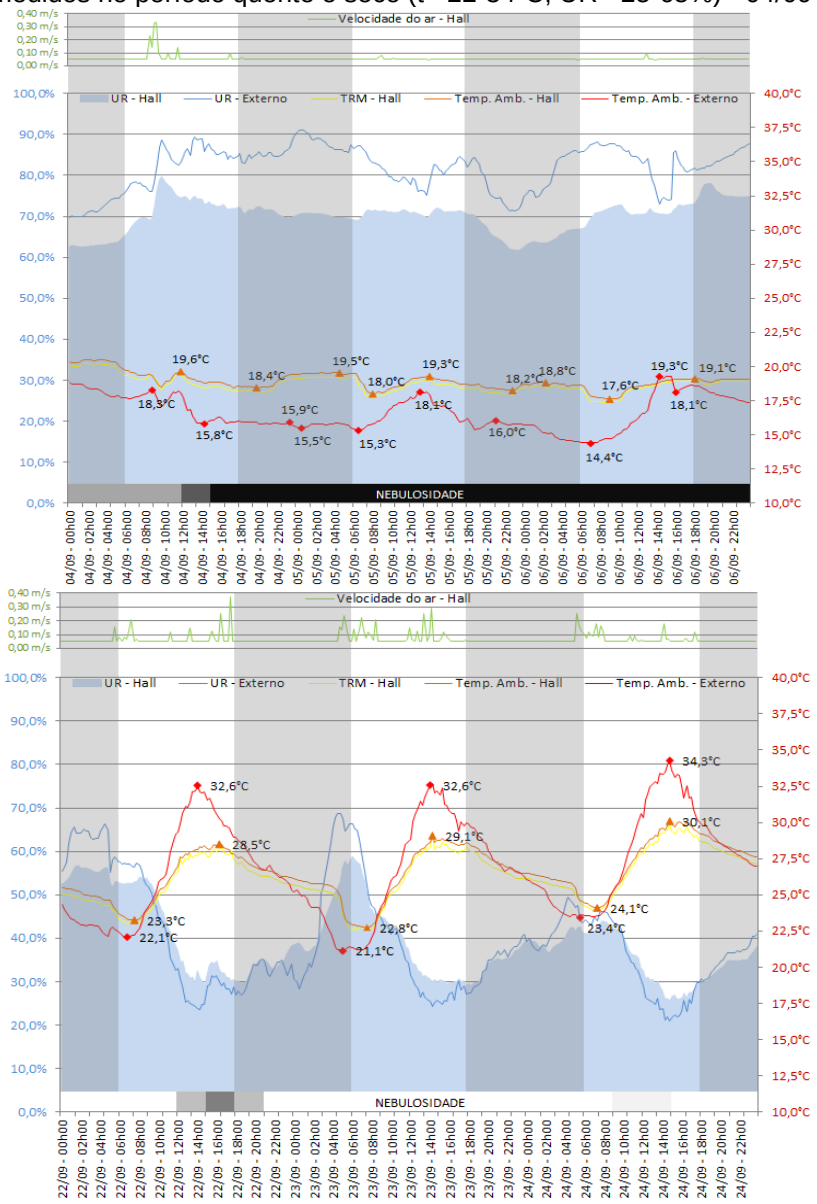
Tabela 1. Dados climáticos apresentados nos gráficos da Medição *in loco*. Observação: “ambiente interno” refere-se ao saguão (denominado “Hall” nos gráficos) e “externo” refere-se à varanda voltada para o estacionamento.

Dado Climático	Ambiente(s)/Local	Fonte
Umidade relativa	interno e externo	Medição *in loco*
Temperatura do ar (bulbo seco)	interno e externo	
Temperatura Radiante Média (TRM)	Interno	
Diferença entre temp. interna e externa	interno e externo	
Velocidade do ar	Interno	

Observa-se na Figura 5 que a variação da temperatura do ar entre os ambientes interno e externo (Δt), revelou um amortecimento das temperaturas internas do saguão em relação às temperaturas medidas no exterior do edifício, amortecimento ainda mais evidente nos picos de temperatura

máximas e mínimas externas, observando-se uma diferença entre as temperaturas interna e externa da ordem de 4°C a 6°C. Como resultado deste padrão de comportamento do edifício, observou-se grande estabilidade das temperaturas internas do ambiente quando comparadas às externas, com temperaturas próximas daquelas comumente consideradas de conforto humano e buscadas, inclusive, pelos projetistas de ar-condicionado, na faixa de 21ºC a 25ºC. Resultado ainda mais notável devido ao fato de o ambiente em questão ser constantemente ventilado no horário de funcionamento do edifício (das 8h às 17h), uma vez que suas aberturas permanecem quase que completamente desobstruídas neste período.

Figura 5. Dados medidos no período frio e úmido (t ~15-22ºC, UR ~70-95%) - 04/09 a 06/09 (3 dias) e dados medidos no período quente e seco (t ~22-34ºC, UR ~25-65%) - 04/09 a 06/09



Por outro lado, não se observou significativo atraso entre os picos de temperatura externos e internos. Assim, elabora-se a hipótese de que a tendência do edifício proporcionar condições de temperatura amena em seus ambientes internos em relação às condições externas, seja devida a uma alta inercia térmica da edificação, provocada pela massa térmica de suas paredes**;** porém, devido ao efeito da ventilação natural, as condições climáticas externas acabam influenciando as condições internas, não ocorrendo atraso térmico relevante entre os picos de temperatura internos e externos. O que reforça segundo COTTA (2015), que a massa das superfícies exposta ao ambiente interno, combinada a ventilação natural e demais estratégias passivas, são eficazes na redução do superaquecimento dos ambientes, e que o uso de componentes massivos que agregam massa térmica ao ambiente interno é uma estratégia bastante comum em edifícios projetados para a ventilação natural (GONÇALVES 2015).

Como seguimento a esta primeira etapa, optou-se pelo estudo do desempenho e conforto térmico do saguão através de simulação computacional termodinâmica com o propósito de melhor compreender quais os fatores que mais influenciam o seu desempenho térmico.

4. ETAPA 2: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO

A segunda etapa do trabalho compreendeu dois procedimentos analíticos, sendo eles: simulação computacional e avaliação do conforto térmico utilizando o índice de conforto adaptativo da norma ASHRAE:55 (2013).
O modelo computacional adotado foi o EDSL/Bentley TAS (*Thermal Analysis Software*) V8i, *software* de simulação de desempenho térmico de edifícios disponível na FAUUSP para uso acadêmico. O arquivo climático utilizado foi obtido através da página eletrônica do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, LabEEE, da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC[18], ano base de 1984, elaborado a partir de dados medidos na estação meteorológica do aeroporto de Congonhas, em São Paulo[19].
Tendo em vista a implantação da Vila Penteado em ambiente urbano adensado onde a velocidade e a direção dos ventos tornam-se incertas, o arquivo climático original foi modificado, sendo que todos os dados de ventos foram zerados.
Deste modo, a ventilação passa a ocorrer apenas por diferença de pressão do ar (efeito chaminé), sem intervenção do efeito dos ventos, configurando assim a situação mais crítica com relação à capacidade de renovações do ar do ambiente.
Para a simulação computacional do objeto de estudo, foi elaborado um modelo simplificado do edifício. Como o estudo focou no saguão e seus ambientes adjacentes (acessos frontal e posterior do edifício e mezaninos sobre os acessos), o modelo contemplou aberturas (janelas e portas existentes, medidas *in loco*) e zonas térmicas apenas nestes locais. Dado que o ambiente estudado é caracterizado como um local de passagem, sua ocupação é muito baixa, assim, a carga térmica proveniente desta fonte foi considerada desprezível na realização deste trabalho, atribuindo-se valor igual à zero para esse dado de entrada.
A partir do modelo elaborado foi realizada uma série de simulações, com objetivo inicial de quantificar de que maneira a variação da ventilação natural altera o comportamento térmico do

[18] Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>. Acesso em janeiro/2014.
[19] O arquivo climático é parte do projeto *Solar and Wind Energy Resource Assessment* (SWERA) que, juntamente com o INPE e o LABSOLAR/UFSC, disponibilizou arquivos climáticos TMY para 20 cidades brasileiras. TMY (*Test Meteorological Year*) é uma compilação de meses sem extremos de temperatura, provenientes de diferentes anos, gerando um ano climático que nunca existiu, mas que apresenta temperaturas sem extremos para cada mês (LABEEE, 2005).

ambiente central do edifício, o saguão, influenciando na condição de conforto dos eventuais ocupantes deste espaço e, para tanto, as simulações consideraram o horário de funcionamento do edifício (das 08h00min e 17h00min) e as condições de abertura definidas conforme Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros das simulações computacionais realizadas

Parâmetros das Simulações					
#	**Condição de abertura/ventilação**	**% abertura**	***Set Back Value (frestas)***	**Horário**	**Dias**
1	Janelas e portas	3% do vão	3% do vão	das 8 às 17h	Todos os dias
2	Janelas e portas	10% do vão	3% do vão	das 8 às 17h	Todos os dias
3	Janelas e portas	10% do vão	3% do vão	das 8 às 17h	Todos os dias
4	Janelas e portas	50% do vão	3% do vão	das 8 às 17h	Todos os dias
5	Janelas e portas	100% do vão	3% do vão	das 8 às 17h	Todos os dias

Foram selecionados dois períodos para análise dos dados simulados: a semana com o maior pico de temperatura (35ºC) do verão, em fevereiro, e uma semana de setembro com as temperaturas mais baixas do mês (14,9ºC), de modo a se comparar os resultados nos dois extremos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Simulação computacional

Observou-se que quanto maior a porcentagem de abertura, mais próximos os valores de temperatura interna ficam com relação aos valores externos, o que evidencia a influência da ventilação natural por efeito chaminé na alteração das temperaturas internas. Isto fica especialmente visível nos picos e mínimas da temperatura externa. A tabela 3 apresenta as variações na temperatura interna de acordo com a condição de abertura:

Tabela 3.Comparação das temperaturas internas simuladas em relação às temperaturas externas

		T. máx - VERÃO (15 a 21/02)		**T. mín - PRIMAVERA (24 a 30/09)**	
		t ext (ºC)	**Δt int - ext**	**t ext (ºC)**	**Δt int - ext**
Temp. do ar Externa		**35,0**	**-**	**13,0**	**-**
SUPERIOR	Temp. do ar Int. - 100%	33,0	-2,0	14,9	+1,9
	Temp. oper. Int. - 100%	30,3	-4,7	17,3	+4,3
	Temp. do ar Int. - 3%	28,6	-6,4	20,7	+7,7
	Temp. oper. Int. - 3%	28,0	-7,0	20,7	+7,7
INFERIOR	Temp. do ar Int. - 100%	32,1	-2,9	13,7	+0,7
	Temp. oper. Int. - 100%	31,0	-4,0	15,5	+2,5
	Temp. do ar Int. - 3%	28,2	-6,8	16,0	+3,0
	Temp. oper. Int. - 3%	28,9	-6,1	17,0	+4,0

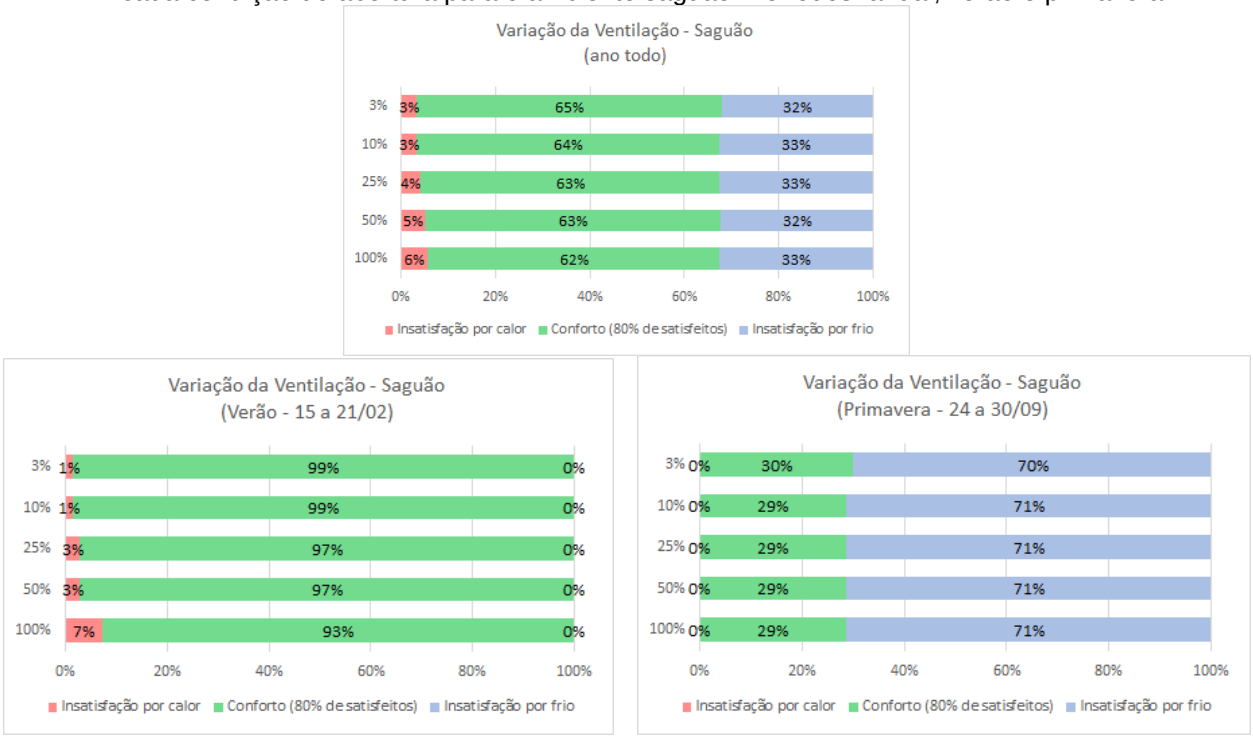
Observa-se que o gradiente de temperatura operativa ocorre com a variação de altura dentro do ambiente, que possui pé-direito de 10,50m. Em todas as condições e períodos simulados nota-se

o aumento das temperaturas nas camadas mais altas do ambiente, resultado da carga de calor radiante recebida pela cobertura, e do efeito chaminé, onde por meio da convecção, o ar mais aquecido (menos denso) tende a se mover e se concentrar em níveis mais altos, este comportamento corrobora com o afirmado por Gonçalves (2014) que sugere como estratégia de conforto ao usuário, aproveitar-se da inércia térmica do edifício, fechando as aberturas (na medida do possível) para manter temperaturas internas mais agradáveis quando as temperaturas externas afastarem-se da zona de temperatura de conforto.
Observou-se ainda que a variação da ventilação interfere pouco na condição de conforto, sobretudo do pavimento inferior, demonstrando que o edifício compõe-se como um conjunto bastante inerte, notadamente no ambiente do saguão, o qual este trabalho se propôs a observar.

5.2 Avaliação de conforto adaptativo segundo norma ASHRAE:55 (2013)

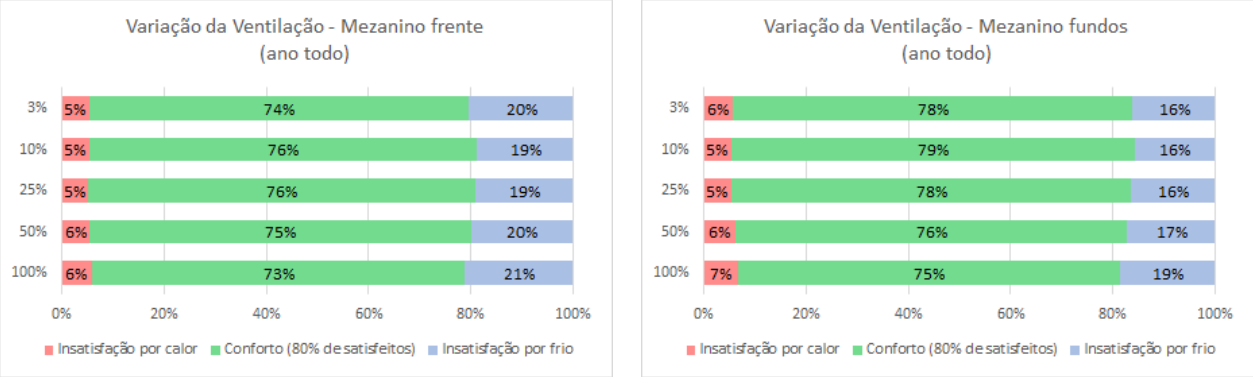
Analisando-se o desempenho térmico do ambiente segundo o modelo adaptativo da norma ASHRAE:55 (2013), percebeu-se uma tendência em se obter condições que resultam em desconforto por frio aos usuários deste ambiente. Condições que podem ser resultado da combinação de massa térmica das superfícies com a ventilação natural. Tais usuários caracterizam-se por estudantes, professores e funcionários de diversas idades, que utilizam o saguão como local de passagem sendo reduzido o seu tempo de permanência neste ambiente.
Na Figura 6, observa-se que, na média anual, para o critério estabelecido pela ASHRAE:55 (2013) de 80% de usuários satisfeitos, os usuários estão satisfeitos em entre 62% e 65% das horas do ano, sendo que a condição de insatisfação por frio estaria em 32% a 33% das horas do ano enquanto que a insatisfação por calor não passa de 6%, para todas as condições de abertura e ventilação experimentadas (de 3% a 100% de abertura dos vãos).

Figura 6. Gráficos da avaliação de conforto térmico (conforme modelo adaptativo ASHRAE:55-2013) em cada condição de abertura para o ambiente saguão. Períodos: anual, verão e primavera



Quando observada apenas a condição de conforto no verão, observa-se que na maior parte do tempo (93% a 99% das horas) há condição de conforto; por outro lado, no período de clima mais ameno (mês de setembro) observa-se predomínio da condição de desconforto por frio em aproximadamente 70% do tempo; ambas as observações reforçam o fato de o edifício, e principalmente esse ambiente, apresentar uma tendência de oferecer condições que ocasionam desconforto por frio, de modo que o verão tende a ser o período mais confortável para os ambientes da edificação, enquanto o inverno, o mais desconfortável.
Estudos semelhantes foram realizados para os ambientes de mezanino (Figura 7), contíguos ao hall. Nos mezaninos superiores, onde se localizam a maior parte das aberturas envidraçadas diretamente ligadas ao hall e, consequentemente, há maior ganho de calor por radiação solar. Nesses ambientes, para a mesma condição de conforto utilizada para o hall, o número de horas em conforto ao longo do ano ultrapassa 70% e a porcentagem de tempo em que os usuários encontram-se em desconforto por calor mantém-se próxima àquela encontrada para o hall, já a quantidade de horas em desconforto por frio se reduz para menos de 20% das horas do ano.

Figura 7. Gráficos da avaliação de conforto térmico (conforme modelo adaptativo ASHRAE:55-2013) em cada condição de abertura para os mezaninos. Período: anual.



Ao analisar-se a localização do saguão, verificou-se que o ambiente não recebe radiação solar direta pelas paredes, resultado de sua posição central. Os mezaninos frente e fundos, por sua vez, localizados no pavimento superior, estão sujeitos aos ganhos de radiação pela cobertura e pelas aberturas envidraçadas. O pé direito duplo do saguão também favorece o efeito chaminé, onde, por diferença de densidade, o ar quente se desloca para as camadas mais altas, fatores que justificam as diferenças entre o saguão, recepção e mezaninos, observadas nos estudos, reforçando a ideia de que, segundo Gonçalves (2015), a altura do pé-direito e sua relação com a profundidade da planta são outros parâmetros do espaço interno que geram impacto no desempenho da ventilação natural.

6. CONCLUSÕES

Por meio das medições *in loco* e procedimentos analíticos de avaliação de desempenho térmico do edifício, ora apresentados, observou-se um ótimo desempenho térmico no ambiente estudado. A análise dos dados climáticos coletados no local apontou um notável amortecimento das temperaturas internas do saguão quando comparadas às temperaturas medidas no exterior do edifício, observando-se diferenças entre a temperatura interna e os picos de temperatura externa da ordem de 4ºC a 6ºC; resultado devido ao uso combinado de estratégias passivas na edificação:

o efeito da ventilação natural aliado ao uso da massa térmica. O mesmo padrão foi observado nas simulações computacionais, onde os resultados para a condição de 100% de abertura (todas as portas e janelas totalmente abertas) apontaram um amortecimento da ordem de 4ºC da temperatura operativa em relação ao pico da temperatura externa no verão (35ºC), podendo chegar a um amortecimento de 7ºC na condição de 3% de abertura (apenas frestas, com todas as portas e janelas fechadas). A avaliação de conforto térmico segundo o modelo de conforto adaptativo da norma ASHRAE:55 (2013) apontou que a edificação tem, em geral, tendência a estar em zona de desconforto pelo frio, especialmente no inverno. Esta propensão em gerar a sensação de desconforto por frio aos supostos usuários deste ambiente de passagem é mais marcante nos ambientes do pavimento inferior, em especial no nível térreo do saguão. Analisando-se especificamente a zona térmica dos mezaninos, localizados no pavimento superior, percebe-se uma melhora na sensação de desconforto pelo frio, o que se supõe, seja uma consequência da radiação direta recebida pela cobertura e pelas paredes da envoltória do edifício, aliada ao efeito chaminé, fatores que contribuem para uma maior TRM (temperatura radiante média) nestes ambientes. Salientando que na avaliação de conforto térmico observou-se ainda, a partir dos resultados das simulações computacionais com a variação das condições de abertura, pouca influência da ventilação natural na melhora da sensação de conforto térmico do saguão.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas e professores da disciplina AUT5815 - Critérios para Adequação Climática das Edificações (FAUUSP), Joana C. Gonçalves, Leonardo M. Monteiro e Alessandra P. Shimomura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C.A. Resiliência das edificações às mudanças climáticas na região metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), FAUUSP 2014.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). ASHRAE 55-2013: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2013.

CIBSE (Chartered Institution of Building Services EngineerS). CIBSE Guide A: Environmental design. 7 ed. Londres: CIBSE, 2006.

COTTA, J. O.; VIEIRA, J. L. O desempenho térmico de ambientes de trabalho nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. In: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. (Org.). Edifício ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, cap.3, p.81-101, 2015.

FANGER, P., Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental Engineering. McGraw-Hill Book Company, United States, 1970.

GIVONI, B. Passive and low energy cooling of buildings. New York : John Wiley, 1994.

GONÇALVES, J.C.S. O Conforto térmico como um processo de adaptação ambiental: repensando os padrões da habitação em São Paulo. Revista Contraste, São Paulo, p. 260 - 266, 25 nov. 2014.

GONÇALVES, J. C. S.; MARCONDES-CAVALERI, M. P. Ventilação natural em edifícios de escritórios: mito ou realidade? In: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. (Org.). Edifício ambiental. São Paulo: Oficina de Texto, cap.2, p.57-80, 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), (2011). *Censo Demográfico 2010*.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Comparação cruzada entre pesquisas laboratoriais e de campo em conforto térmico em espaços abertos urbanos. Ambiente Construído (Online), v. 10, n.4, p. 79-101, 2010.

NICOL, J. F.; HUMPHREYS, M. A. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. v. 34, p. 563-572, 2002.

NICOL, F.; HUMPHREYS, M.; ROAF, S. Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice. Oxon: Routledge, 2012

REFINETTI, M.L.; MARTINS, R. (Org.). Vila Penteado 1902-2002: Pós Graduação 40 anos. São Paulo: FAUUSP, 2012.

SZOKOLAY, S. Introduction to Architectural Science. The basis of sustainable design. Amsterdam: Elsevier Architectural Press, 2004.

UN DESA. (2014). World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. Highlights. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs.

275. A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E A ARQUITETURA: METODOLOGIA DE ACV COMO FERRAMENTA DE DECISÃO DE PROJETO

CARVALHO, Tathiana do Nascimento[1](tnc.mestrado.2016@gmail.com); SILVOSO, Marcos Martinez *[1] (silvoso@fau.ufrj.br);*
[1]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

RESUMO
Indústria de extrema importância para o país, a construção civil é atualmente responsável por grande parte do consumo de matérias-primas, energia, além da intensa geração de resíduos sólidos, estritamente relacionados ao meio ambiente e sua degradação. Dentro deste cenário, soluções que atendam aos requisitos de sustentabilidade considerando todas as fases do empreendimento (extração, produção de materiais, construção, operação, desmonte da edificação) devem ser avaliadas desde a fase de especificação no projeto de arquitetura. Dentre os métodos existentes, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), instrumento de gestão ambiental no desenvolvimento, fabricação de produtos e serviços, é amplamente utilizada tendo como objetivo definir o perfil ambiental de um bem, produto ou processo, analisando fluxos de matéria e energia envolvidos. Metodologia de avaliação do “berço ao túmulo”, quando incorporada a construção civil e ao projeto de arquitetura, possibilita a avaliação da contribuição dos materiais, impactos ambientais, oportunidades de fim-de-vida da edificação, assim como potencial real de reciclagem e desmonte. Tendo em vista os aspectos levantados, este artigo tem como objetivo analisar a aplicação da metodologia da ACV na construção civil e arquitetura como ferramenta de auxílio nas tomadas de decisão ao longo do projeto. O levantamento foi realizado através de revisão bibliográfica de textos acadêmicos e técnicos da última década, buscando identificar principais conceitos, normatização auxiliar existente e exemplos de aplicação na avaliação de materiais e sistemas construtivos no Brasil em âmbito acadêmico. Constatou-se a possibilidade de comparação dos impactos ambientais entre sistemas e produtos similares e/ou com a mesma função, auxiliando o processo de tomada de decisão, além da identificação de benefícios e limitações: inexistência de padrão na aplicação na construção civil; adaptação de bancos de dados de outros países, dificuldade na obtenção de dados de fornecedores que reflitam adequadamente a realidade nacional; não interoperabilidade entre softwares, entre outros.
Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida; Metodologia; Construção Civil; Arquitetura; Materiais e Sistemas Construtivos.

THE LIFE CYCLE ASSESSMENT AND ARCHITECTURE: LCA METHODOLOGY AS A TOOL OF DESIGN DECISION

ABSTRACT
Industry of extreme importance to the country, civil construction is currently responsible for much of the consumption of raw materials, energy, besides the intense generation of solid waste, strictly related to the environment and its degradation. Within this scenario, solutions that meet sustainability requirements considering all stages of the project (extraction, production of materials, construction, operation, dismantling of the building) must be evaluated from the specification phase in the architecture project. Among the existing methods, Life Cycle Assessment (LCA), an instrument of environmental management for the development, manufacture of products and

services, is widely used in order to define the environmental profile of a good, product or process, analyzing flows of matter and energy involved. Evaluation methodology “from cradle to the grave”, when incorporated into the civil construction and architecture project, enables the evaluation of the contribution of the materials, environmental impacts, end-of-life opportunities of the building, as well as actual potential for recycling and dismantling. In view of the aspects raised, this article aims to evaluate the application of the Life Cycle Assessment methodology in the development of architecture projects in Brazil and its comprehensiveness as a tool to help decision making throughout the project.The literature review was carried out in academic and technical texts, seeking to identify the main concepts of the methodology, existing auxiliary standardization and examples of the application of LCA in Brazil in the academic scope in the evaluation of materials and constructive systems.It was possible to compare the environmental impacts between systems and similar products and / or with the same function, helping the decision-making process, as well as the identification of benefits and limitations: non-existence of a standard in the civil construction application; Adaptation of databases from other countries, difficulty in obtaining data from suppliers that adequately reflect the national reality; Not interoperability between software, among others.
Keywords: Life Cycle Assessment; Methodology; Construction; Architecture; Constructive Materials and Systems.

1. INTRODUÇÃO

A intensidade no consumo de recursos naturais não renováveis, emissões de CO2 e produção de resíduos estão intrinsicamente ligadas as atividades humanas, principalmente no setor industrial. Em todo o mundo, a indústria da construção civil é uma das atividades que mais contribui com o uso de recursos naturais, além do excessivo consumo de energia e produção de resíduos sólidos e emissões de CO2Além dos combustíveis fósseis serem um recurso limitado, a forma como convertemos energia em processos (calefação, refrigeração, iluminação) resulta na liberação de dióxido de carbono (CO2), gás do efeito estufa, estabelecendo a relação entre as edificações, o aquecimento global e a mudança climática existente no planeta. (HEYWOOD, 2012).

Os impactos ambientais causados pela intensa atividade da construção civil são identificados em todas as etapas do ciclo de vida útil das construções, tanto na fase de produção (extração de matérias-primas, transporte, fabricação de componentes, operações no canteiro de obras), no uso, operação e manutenção, bem como nas demolições e oportunidades de reciclagem e reuso. Mais atenção está sendo dada com a relação entre os materiais de construção e o meio ambiente, materiais que melhor atendam ao duplo objetivo de reduzir o consumo de recursos não renováveis e poluição geral durante todo o seu ciclo de vida (BLENGINI,2008).

A Agenda 21 for *Sustainable Construction in Developing Contries*, apontou o estabelecimento de metas para o desempenho ambiental das edificações, mudanças nas práticas de gestão do processo de projeto e construção e a implantação de uma nova cultura dentro do setor da construção civil (SALGADO et al.- 2012). A construção sustentável tem então o grande objetivo e desafio de desenvolver modelos e ferramentas que permitam ao setor da construção enfrentar e propor soluções aos principais problemas ambientais (SEVERO E SOUZA, 2016). Salgado et al. (2012) menciona ainda que, de uma maneira geral, o entendimento de que a principal vantagem das ferramentas e métodos de avaliação reside na orientação aos empreendedores, projetistas e construtores quanto aos aspectos a serem considerados na produção de edificações sustentáveis. Metodologia aplicada a construção civil nos últimos 13 anos (CABEZA et al., 2013), a ACV é classificada como uma ferramenta quantitativa e analítica, diferentemente dos selos AQUA, BREEAM e LEED, considerados qualitativos, já que as edificações são pontuadas de acordo com os vários aspectos ambientais (SEVERO; SOUZA, 2016).

A Avaliação do Ciclo de Vida teve seu início, de modo embrionário, durante a primeira crise do petróleo, tratando da questão energética, onde vários aspectos ligados à questão ambiental foram considerados em alguns estudos, incluindo estimativas de emissões sólidas, gasosas ou líquidas. Os primeiros estudos de ACV tiveram como foco o desenvolvimento de embalagens de produtos, sendo a Coca-Cola um dos exemplos mais conhecido. No Brasil, a primeira atividade formal envolvendo ACV ocorreu em 1994, com a criação do Grupo de Apoio à Normalização (GANA), com o objetivo de viabilizar a participação do Brasil em normas ambientais. (CHEHEBE, 1998). Em 2002 é fundada a Associação Brasileira do Ciclo de Vida (ABCV) com a missão de reunir as partes interessadas na ACV (órgãos, entidades e empresas), a fim de "discutir e coordenar atividades de construção do banco de dados brasileiro, da formação de recursos humanos e da manutenção dos vínculos internacionais envolvidos" (ZOCCHE, 2014).
Atualmente a ACV é normatizada pela NBR ISO 14040:2009 (Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura) e 14044:2009 (Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientações.) e sua metodologia é dividida em 4 etapas para atendimentos dos requisitos gerais, sendo um processo iterativo, com sucessivas análises críticas e revisões: 1. Definição do Objetivo e Escopo, onde são especificadas as aplicações, o público-alvo, intenções, publicação, etc; 2. Inventário e Avaliação do Ciclo de Vida, parte geralmente mais extensa do estudo, onde é a realizada a coleta de todos os dados e procedimentos que serão utilizados, fronteiras do sistema e unidades funcionais; 3. Avaliação dos Impactos, que consiste em estudar a magnitude e relevância dos resultados obtidos na análise dos dados coletados, onde são associados as categorias e indicadores; 4. Interpretação dos dados, onde são concluídas as análises do inventário e avaliações dos impactos de acordo com os objetivos e escopo definidos na primeira etapa.

2. OBJETIVO

Neste contexto, este artigo tem como objetivo levantar e analisar a utilização da metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) voltada para a construção civil em âmbito acadêmico no Brasil, buscando, em particular, identificar como sua utilização pode ser uma ferramenta auxiliar ao projeto de arquitetura. Dessa forma, pretende-se verificar a aplicação prática da ACV e identificar benefícios e limites detectados nos estudos realizados.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A revisão bibliográfica foi realizada através de levantamento de textos acadêmicos e técnicos publicados sobre ACV na última década em repositórios de universidades, publicações de revistas e anais de eventos da área, através do uso de palavras-chave como ACV, arquitetura, construção civil, materiais e sistemas construtivos. Foram identificados os principais conceitos, normatização auxiliar existente, benefícios e limitações, incluindo trabalhos acadêmicos publicados em 2016, onde a metodologia foi aplicada como ferramenta de avaliação de produtos e sistemas construtivos no Brasil.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Definição e Aplicações

Metodologia conhecida por sua abordagem do "berço ao túmulo", a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é descrita como uma "compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida" - ABNT NBR ISO 14040:2009 (Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura). A norma descreve algumas aplicações diretas, como o desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos, planejamento estratégico, elaboração de políticas públicas, marketing e outras áreas. Por ser uma

metodologia de extensa abrangência, é utilizada em diversas áreas do conhecimento.
Ao mapear dos estudos realizados no Brasil em bancos de dados como a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior), IBICT (Instituto Brasileiro de Informação e Ciência e Tecnologia) e CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), utilizando palavras-chave como “ACV”, “Avaliação do Ciclo de Vida” e “Análise do Ciclo de Vida”, Zocche (2014) levantou 183 trabalhos acadêmicos, sendo 137 dissertações e 46 teses. Já na pesquisa da base de dados Scopus, constatou-se que dos 183 trabalhos identificados, a Universidade de São Paulo (USP), seguida da Universidade de Santa Catarina e a Universidade Federal do Rio de Janeiro eram as instituições que apresentavam o maior número de teses e dissertações em ACV, sendo a predominância dos estudos relacionados a aplicação (84), inventário (70) e abordagem da metodologia (29)Com relação as áreas do conhecimento, verificou-se que as pesquisas em ACV concentravam-se na Engenharia Mecânica e de Materiais (28), Engenharia de Produção (25) e Engenharia Ambiental (23), sendo que Engenharia Civil (13) e Arquitetura (3) só aparecem na quinta e décima quinta posição, respectivamente. Essa constatação reforça a relevância de novas pesquisas na aplicação da ACV no âmbito da construção civil e projetos de arquitetura.
A delimitação do escopo, fronteiras e o nível de detalhamento de uma ACV depende do assunto e do uso pretendido, e a profundidade e extensão dos estudos podem diferir consideravelmente, dependendo do seu objetivo (BUENO; FABRICIO; ROSSIGNOLO,2011). Em função destes aspectos, a determinação de quais bases de dados, métodos, indicadores e softwares serão utilizados é parte fundamental na realização de uma ACV.
As bases de dados são bibliotecas que incluem “informações ambientais da produção de bens e disponibilidade de recursos” e geralmente estão inseridos nos softwares, constituídos de elementos comuns a vários ciclos de vida como materiais, energia, transporte” (CAMPOLINA; SIGRIST; DA SILVA MORIS, 2015). Silva (2012), citado por Zocche (2014), caracteriza os métodos utilizados na realização de uma ACV, com abordagens do tipo midpoint (modelagem quantitativa de todas as substancias de acordo com as categorias de impacto, lista de indicadores em potencial não representando as consequências finais das emissões) ou endpoint (modelagem que caracteriza a gravidade dos aspectos ambientais e correlaciona aos danos finais). Geralmente são integrados as bases de dados, considerando impactos ambientais globais e/ou referentes a regiões/países específicos. Os indicadores são as categorias de impactos que são analisadas no estudo, como o potencial de diminuição da camada de ozônio (ODP), chuva ácida (AP), eutrofização da superfície das águas (EP), neblina composta por poluição, vapor de água e outros componentes químicos (POCP), sendo o consumo de recursos de energia primária (GER) e as emissões de CO2 os mais utilizados (BLENDINI, 2009) (CHAU et al., 2015). Os softwares são ferramentas indispensáveis para a ACV, em função dos cálculos e volume de informações a serem processadas, realizando comparações entre ciclo de vida de produtos, analisando fluxos de materiais e energia e principalmente, realizando análise de impactos ambientais e interpretação dos resultados (CAMPOLINA; SIGRIST; DA SILVA MORIS, 2015). No Brasil, ZOCCHE (2014) levantou que os métodos de AICV (Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida) mais utilizados foram o Eco-indicator, o CML 2001 e o Edip 97, respectivamente. As ferramentas computacionais mais utilizadas foram o Gabi 4, SimaPro 7.0 e Umberto, entre outros (Gate Cycle, EEA, PestLCI, EES, Bees, Aspen Plus), incluindo versões mais antigas do SimaPro.

4.2 ACV na Construção Civil e na Arquitetura - Ferramenta de Decisão de Projeto

No Brasil, a relevância da ACV tem crescido nos últimos anos com a implementação da ABNT NBR 15575 (Norma de Desempenho) que trata do estabelecimento de parâmetros técnicos para vários requisitos importantes de uma edificação (incluindo vida útil) assim como o princípio do

poluidor–pagador, que dita a necessidade de as atividades potencialmente causadoras da degradação do meio ambiente internalizarem todos os custos ambientais decorrentes de seu funcionamento (MOREIRA, 2015). Através da identificação dos aspectos e impactos ambientais das atividades desenvolvidas ao longo do ciclo de vida dos edifícios podem ser verificadas várias oportunidades de influências positivas dos projetos arquitetônicos (DEGANI e CARDOSO, 2002). Blengini (2009) exemplifica este conceito ao citar que “a seleção dos materiais, a concepção dos elementos e a escolha das técnicas de construção podem reduzir significativamente os encargos ambientais que podem ser atribuídos à eles (...)”.Bueno, Fabrício e Rossignolo (2011) citam ainda que dentre as estratégias e técnicas utilizadas no Desenvolvimento de Produtos Ambientalmente Sustentáveis, como o DfE (Design for Enviroment, EEA- Enviromental Effect Analysis) e QFDE (Quality Function Deployment for Environment), a ACV destacou-se emergindo como um método reconhecido, sendo a base para a criação de diversas ferramentas de avaliação, considerada por sua excelência para análise e escolha de alternativas.

4.3. Estudos de Caso

Complementarmente a pesquisa, foram utilizados seis trabalhos publicados em 2016 na aplicação da ACV como metodologia para escolha de produtos e sistemas construtivos da construção civil. Dados gerais como objeto, abordagem de ACV, fronteiras do sistema, metodologia, softwares utilizados e inventário dos dados são apresentados na tabela 2.

A. Formas para sistemas de paredes de concreto (ACVE) – Valle et al (2016) compararam três tipos de formas utilizadas em sistemas de paredes de concreto armado (alumínio reciclado extrudado, forma plástica, compensado plastificado), com a abordagem da ACVE (Avaliação do Ciclo de Vida Energético), na fase pré-operacional, sendo a avaliação realizada baseada no cálculo da EIT (Energia Incorporada Total) associada aos custos e possibilidade de reutilização das formas. Para o cálculo da EIF (Energia Incorporada de Fabricação) foram levantadas e consideradas estritamente o consumo de materiais e fatores energéticos das formas utilizadas. Já para o cálculo da EIT (Energia Incorporada de Transporte), considerou-se dados como a utilização de caminhões a diesel, a distância das fábricas ao canteiro fictício da habitação objeto da pesquisa, além de dados da literatura que indicavam o consumo de combustível. Como metodologia, foi realizada pesquisa bibliográfica, associada a escolha de projeto arquitetônico (habitação hipotética nos moldes padronizados da Caixa Econômica Federal), especificação do sistema de paredes de concreto e cálculo da energia incorporada total, além dos custos de cada opção, além da especificação da espessura mínima baseada na ABNT NBR 15575-4:2013. Concluiu-se então que a forma de compensado foi a que apresentou o menor valor de energia incorporada, seguida pela de alumínio e a de plástico. Quando considerado o fator de reutilizações e custos, a forma de alumínio mostrou-se mais adequada.

B. Telha termoacústica de poliestireno expandido X Telha cerâmica Plan (ACVE) - Caldeira, Sposto, Caldas (2016) avaliaram em sua pesquisa a Energia Incorporada Total (EIT) de uma edificação habitacional unifamiliar em quatro cenários: uso de telhas termoacústicas de Poliestireno Expandido ou telhas cerâmicas Plan, ambas com ou sem laje de concreto. Como metodologia, foi realizada a escolha do modelo arquitetônico (atendendo as especificações mínimas definidas pelo Programa Minha Casa, Minha Vida), sistemas de cobertura (tipos de telhas, com ou sem laje) e cálculo das energias incorporadas em cada fase escolhida para o estudo (pré-operação, uso e manutenção). O processo produtivo das telhas utilizadas nos cenários, em função dos processos de fabricação (forno à lenha x indústrias) são fatores de grande influência. A telha cerâmica, fabricada em fornos à lenha, contribui menos na EII (Energia Incorporada Inicial). Constatou-se também que os cenários com laje de concreto apresentaram maior EII (Energia Incorporada Inicial) em função do volume e alta densidade e que o consumo

energético da etapa de transporte, variando 61% entre cenários com a telha termo acústica e 58% nas telhas cerâmicas, verificando que as distâncias percorridas pelos materiais impactam significativamente. Nota-se maior complexidade no desenvolvimento da pesquisa, uma vez que dentro da metodologia aplicada foram inseridos parâmetros de desempenho térmico relacionados a NBR 15.575 (2013) e NBR 15.220-2 (2005), além da estimativa de consumo da residência na fase operacional. Os resultados indicaram que o uso da laje de concreto aumenta significativamente a energia na fase de pré-uso e quando comparados, os quatro cenários apresentam variações inferiores a 10%.

C. Sistema Construtivo Casa Express (ACVCO2) - A pesquisa de Lira et al (2016) com o sistema construtivo Casa Express em Teresina (PI) abordou a aplicação da metodologia de ACV CO2, onde o enfoque é a medição das emissões de CO2 e seus impactos em termos de aquecimento global. A metodologia utilizada desenvolveu-se através da comparação do sistema utilizado Casa Express com o sistema construtivo convencional de blocos de cerâmica furados, dividindo o estudo em duas etapas: verificação do atendimento de desempenho térmico nesses sistemas e avaliação do ciclo de vida de emissões de CO2 nas fases de pré-uso e operação. Para a primeira etapa, os autores utilizaram como referência as normas NBR 15.575-4 (2013) e NBR 15.220-2 (2205). Já na segunda etapa, tiveram como base equações e o apoio do software Design Builder associado ao EnergyPlus, software recomendado pela Norma de Desempenho e o Procel Edifica em simulações, além da consulta a literatura existente na busca de dados de consumo de combustível e equipamentos utilizados na fase de execução dos sistemas. Verificou-se neste estudo de caso que a quantidade de emissões do sistema Casa Express foi superior ao sistema convencional, chegando a uma diferença total de 33%, onde somente o sistema convencional atendeu aos valores de transmitância e o sistema Casa Express não.

D. Sistemas Comparativos de Paredes (ACV-m) - A pesquisa de Miranda e Yuba (2016), em comparação realizada entre edificações similares (blocos cerâmicos alveolares, blocos de concreto e concreto moldado em loco) e as paredes de taipa construídas no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande, MS, tem como perspectiva a aplicação da ACV-m, método simplificado voltado para a construção civil, contemplando 4 vertentes para a avaliação: CO_2, energia, água e matérias-primas (ABPC, 2016). Várias fontes de dados foram utilizadas para realização da ACV-m, como dados de literatura, medições in loco, documentos e manuais técnicos. Ao final da análise, é apresentado um ranking dos impactos dos sistemas construtivos em cada indicador analisado.

E. Sistemas Construtivos Sustentáveis - Freitas, Schmid, Silva (2016) adotaram a aplicação da CVE (Ciclo de Vida das Edificações) associada ao conceito de “Ciclo de Vida Técnico”, onde foram comparados cinco sistemas construtivos utilizados em projetos desenvolvidos por equipes de alunos de uma disciplina de pós-graduação para um Módulo Escolar Emergencial: um tradicional (alvenaria) e os outros quatro sistemas menos convencionais (steel frame, madeira, wood frame e container). O CVE (Ciclo de Vida Energético), com a análise dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida, priorizou o inventário de dados de consumo energético, diretos e indiretos, determinando os seguintes insumos energéticos: Energia Embutida Inicial (EEi), Energia Operacional (EO) e Energia Embutida de Manutenção (EEmanutenção). Uma vez relacionados as composições de materiais de cada sistema, foram estimados o ciclo de vida técnico de cada etapa em cada sistema, utilizando como referência dados da InterNACHI (Internacional Association of Certified Dome Inspectors).Concluiu-se, através das avaliações realizadas, alguns pontos relevantes: a Energia Embutida Inicial (EEInicial) corresponde a maior parcela de consumo em todos projetos; o consumo energético anual diminui conforme o aumento

da vida útil da edificação; nos quatro cenários apresentados, a edificação em alvenaria apresentou o maior consumo energético para uma estimativa de vida útil de 10 anos.

F. Bloco de Concreto Estrutural - Silva et al. (2016) realizou uma abordagem do "berço ao portão", avaliando do bloco de concreto estrutural, por meio do estudo de normas (principais normas técnicas, ILCD Hanbook – European Comission), referências em ACV, visitas a fabricantes nacionais para coleta de dados do processo de fabricação dos produtos de construção. Para os processos à montante, utilizaram-se dados de literatura e da base de dados Ecoinvent (versão 3.1), com adaptações. A compilação dos dados de inventário foi feita utilizando-se o software Simapro, versão 8.1.1.16. Através da análise dos dados obtidos do bloco de concreto, foram apresentados o uso de dados secundários e as adaptações necessárias, construção de inventário, alocação, cálculo dos indicadores de impacto ambiental, incertezas, etc.

Tabela 1. Dados Gerais - Trabalhos publicados em 2016 com estudos de caso em ACV

	Objeto (s) de estudo	Abordagem ACV	Fronteiras	Unidade Funcional	Metodologia	Invent. de dados	Software
A	Alumínio Reciclado Extrudado; Plástica; Compensado Plastificado	**ACVE**	Pré-Uso (consumo materiais, fabricação, transporte)	A unidade habitacional unifamiliar (45m²)	Biblio.+ projeto e especif. do sistema + ACVE+ custos	TCPO, energia, custos distância, diesel.	--------
B	Telha termoacústica Poliestireno expandido / Cerâmica Plan	**ACVE**	Pré-Operacional + Operação	A unidade habitacional unifamiliar (45,64 m²)	Mod. Arq.. + sistemas de cobertura + Metodologia de cálculo.	Bibliografia. nacional, órgãos federais	Design Builder, Energy Plus
C	Sistema construtivo Casa Express	**ACVCO2**	Pré-Uso/ Pré-Operacional + Operação	A unidade habitacional unifamiliar (36 m²)	Sistema construtivo + Avaliação do Desemp. Térmico + ACV CO2	Bibliografia nacional, normas, quantitativo materiais, distâncias	Design Builder, Energy Plus
D	Paredes em taipa mecanizada	**ACV- m** cimento, água, energia e emissão	Pré-Uso (extração + construção da parede)	Paredes estruturais (88,38 m²)	Materiais + Inventário de Dados + Cálculo ACV-M	Bibliografia nacional, órgãos e instituições, distâncias	---------
E	Sistemas construtivos diversos	**CVE**	Pré-uso + Operação + Manutenção	Edificação térrea, desmontável transportável	Bibliografia conceituação teórica + Estudo de casos	Bibliografia, órgãos e normas internac.	---------
F	Bloco de Concreto Estrutural	**Avaliação desemp. ambiental com base em ACV**	"Berço ao portão"	1 kg de bloco de concreto de 14 x 19 x 39 cm	Estudo de normas + referências ACV + coleta de dados primários	Normas, fabricantes nacionais, literatura, Ecoinvent adaptado	Simapro , versão 8.1.1.16 .

Legenda: ACVE – Avaliação do Ciclo de Vida Energético; ACV-m – Avaliação do Ciclo de Vida Modular ACVCO2 – Avaliação do Ciclo de Vida de Emissões de CO2; CVE – Ciclo de Vida Energético

Embora os estudos apresentados sejam relacionados a metodologia apresentada pela ACV, alguns pontos significativos podem ser observados, como: a multiplicidade das abordagens, com foco em categorias de impacto voltados para análises energéticas ou emissão de CO2 (mais expressivos quando relacionados a construção civil e os impactos globais); diversidade quanto a definição dos sistemas de fronteiras (maior parte voltada para o pré-uso e operação, somente um incluiu a fase de manutenção, nenhum considerou desmonte e reuso), variedade de unidades funcionais (mantendo-se no caso das habitações unifamiliares), inventário de dados extenso e com múltiplas fontes (revisão bibliográfica de trabalhos nacionais publicados como referência para medidas e padrões adotados), utilização do *Designbuilder* e do *Energyplus* como softwares de apoio a modelagem O Simapro, software da área de ACV, foi utilizado em um dos casos. Algumas limitações foram relatadas e suas soluções apresentadas, como:

- Lira et al.(2016) relata que software utilizado (Design Builder) não possibilitou a modelagem de sistemas heterogêneos de vedação. Para isso, os autores configuraram para a mudança de espessura automática, equivalendo a diferençado sistema, artifício existente no programa;
- Miranda e Yuba (2016) mencionam o uso de microfibra de propileno ter sido importada da China, elevando o consumo de combustível. Considerando que outros sistemas construtivos também têm importação de produtos, foi estabelecido que a mesma foi produzida em são Paulo, a 963 km de Campo Grande, cidade do estudo;
- Freitas, Schmid, Silva (2016), não constatando métodos existentes que precisem informações tais como a determinação da vida de utilização de uma construção (esta informação dependeria de inúmeros fatores como exposição às condições do clima, o tipo de uso e as exigências de modificações do usuário, seja por questões estéticas ou funcionais), os autores utilizaram parâmetros de vida útil sugeridos pela norma canadense CSA S478-95;
- Silva et al. (2016) adotaram a base de dados Ecoinvent, adaptando a realidade brasileira; as saídas de água não foram medidas na ICV, sendo calculadas de acordo com o procedimento indicado no artigo.

Nota-se que as limitações divulgadas nas publicações estão principalmente nas bases de dados e *softwares*, que precisaram de adaptações para que as análises pudessem ser realizadas. O uso de normas internacionais foi outro ponto significativo, junto a existência de insumos importados, fator impactante na análise dos resultados.

4.4 Benefícios e Limites identificados

Além dos benefícios já mencionados (Avaliação de impactos e auxilio as tomadas de decisão; possibilidade de método com critério quantitativo e não qualitativo), a revisão bibliográfica permitiu identificar outros pontos vantajosos a serem ainda explorados na aplicação da ACV:

- **Associação a outras ferramentas** – Possibilidade de associação com outras ferramentas para tomada de decisão, como realizado nos estudos de Valle et al. (2016), com fator de reutilização e cálculo dos custos e Lira et al. (2016) com os estudos de desempenho térmico associados a ACV.
- **Oportunidades Futuras** - Há um campo de novas possibilidades nas pesquisas acadêmicas como o desenvolvimento da padronização das unidades funcionais, métodos de cálculo, proposta de normas, além da ISO, para melhor orientação, desenvolvimento de bases de dados para cobrir a lacuna de dados em falta para produtos novos e antigos, procedimento estruturado para verificação dos requisitos da ACV com as certificações existentes, entre outras sugestões (ANAND; AMOR, 2016), possibilidades reforçadas por Caldas et al (2015),

que citam o crescimento considerável de trabalhos publicados, tanto nacionais quanto internacionais, utilizando a ACV como método para medir o desempenho ambiental.

- **Interesse dos profissionais do setor** – No documento "Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas" profissionais do setor da construção civil, ao serem entrevistados, citaram que para a área de materiais há a necessidade de criar um banco de dados público de Análise do Ciclo de Vida (ACV) (38%) com dados de produtos e fabricantes nacionais, além de sugerir "que se criem bancos de dados públicos de livre acesso, com parâmetros ambientais como vida útil, conforto térmico, consumo energético, emissão de CO2, dentre outros aspectos" (CBCS, 2014).
- **Mobilização de Órgãos dos Setor** - No Brasil, o IBICT (O Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia) tem como objetivo implantar no país um sistema reconhecido em âmbito internacional, capaz de organizar, armazenar e disseminar informações padronizadas sobre inventários do Ciclo de Vida da produção industrial brasileira (IBICT, 2016). Eventos, cursos e novas publicações buscam disseminar o uso da ACV, disponibilizando o acesso a bibliotecas com trabalhos que vem sendo desenvolvidos e publicados em todo o Brasil. Outra questão é a participação no GLAD (Global LCA Data Acess), rede global entre países que visa permitir a interoperabilidade de estudos de Inventário do Ciclo e Vida, composta por especialistas representantes do meio acadêmico, desenvolvedores de software e proprietários de bancos em ACV (IBICT, 2017).

Embora permita avaliar objetivamente o desempenho ambiental dos produtos, contribuindo para melhores tomadas de decisão na construção civil (SILVA et al, 2016), e ainda seja considerada "uma ferramenta adequada e valiosa", devendo "ser parte do processo de tomada de decisão para a sustentabilidade" (ZOCCHE, 2014), alguns limites são frequentemente mencionados, como: escassez de especialistas em ACV na construção civil (EVANGELISTA; TORRES, GONÇALVES, 2016); a complexidade na aplicação em edifícios (múltiplas funções, sofrerem mudanças, muitos componentes) (BRIBRIÁN; USÓN; SCARPELLINI, 2009); adaptação a informações de bancos de dados (SILVA et al., 2016); utilização de legislações de outros países (FREITAS; SCHMID; SILVA,2016); concentração de estudos na Europa: dos 33 analisados, entorno de 55% são europeus (com maior incidência em países como Espanha e Suécia); 24% nas Américas (Canadá, Estados Unidos e Argentina) e 21% na Ásia (China, Japão, Indonésia e Israel) (EVANGELISTA; TORRES, GONÇALVES, 2016). Outros desafios também são apontados:

- **Foco em categorias (energético, CO2, ACV-m)** - Grande parte dos trabalhos, em função da complexidade na busca por dados, mantém seu foco em indicadores que mais impactam na construção civil, como o consumo energético e a emissão de gases do efeito estufa, categorias que impactam a nível global (EVANGELISTA; TORRES, GONÇALVES, 2016).
- **Transparência dos dados e incerteza das análises** – A indicação de quais métodos, softwares, indicadores, banco de dados, premissas, critérios de corte, adaptações devem ser disponibilizados, possibilitando a reprodução e verificação por outros pesquisadores (SILVA et al, 2016), assim como a falta de dimensões espaciais e temporais dos dados inventariados usados na avaliação dos impactos podem gerar incertezas nas análises. (ZOCCHE, 2014).
- **Multiplicidade nas diferentes abordagens** - Em função dos limites do sistema e as unidades funcionais serem estabelecidas em cada estudo, não há uma unicidade, alinhamento ou padronização dos critérios dos trabalhos, possibilitando variedade de parâmetros, que vão desde a vida útil entre 25 a 100 anos, fronteiras do sistema diversos ("berço ao portão", "portão ao portão"). Não foram identificados avanços significativos na

América Latina em movimentos de alinhamento metodológico, geração de padrões e de disseminação da ferramenta (EVANGELISTA; TORRES; GONÇALVES, 2016),

- **Interoperabilidade entre softwares** - Com a crescente utilização da plataforma BIM (Building Information Modeling) no desenvolvimento de projetos e na construção civil, a interoperabilidade, capacidade de troca de dados entre diferentes aplicativos e softwares, facilita os processos de automação e fluxo de trabalho. A interoperabilidade é um conceito fundamental para o uso da plataforma BIM, pois os arquivos necessitam transitar em diferentes aplicativos e softwares, sem perder qualquer tipo de informação (CAMPOS, 2014). Porém, nem todos os softwares de ACV são compatíveis com os programas utilizados na área de projeto de arquitetura, podendo gerar a perda de informações na transferência de dados (EVANGELISTA; TORRES; GONÇALVES, 2016). No mercado algumas ações começam a ser realizadas, como o OPEN BIM™, abordagem universal para o projeto colaborativo, baseada em padrões abertos para facilitar o intercâmbio de informações entre softwares utilizados na indústria da construção, como a elaboração de um banco de dados com softwares compatíveis com o IFC (*Industry Foundation Class*), um modelo de dados de tradução, em formato "não proprietário", disponível livremente para a definição de objetos (BUILDINGSMART®, 2017). No Brasil duas situações relevantes são destacadas: A implantação das políticas governamentais voltadas a sustentabilidade, como a exigência de compras sustentáveis e a instituição do Programa Brasileiro da Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV) e a tendência a obrigatoriedade da utilização do BIM nos projetos ainda nas etapas licitatórias. Espera-se então que tais ações corroborem nos próximos anos para a utilização do BIM associado a ACV, facilitando a análise ambiental e o desenvolvimento de projetos de edificações sustentáveis (CALDAS et al., 2015).

5.CONCLUSÃO

A pesquisa realizada através de revisão bibliográfica de textos, artigos acadêmicos e análise de trabalhos com aplicações práticas permitiu identificar os benefícios e limitações da utilização da ACV na construção civil e arquitetura. No Brasil, benefícios como a validação como método de avaliação e de critérios quantitativos para a tomada de decisão foram reiteradas e novos proveitos foram observados, como o crescente interesse na aplicação e uso da ACV por parte dos profissionais de construção civil, assim como a participação ativa de órgãos do governo (IBICT) na divulgação e disseminação do conhecimento, através de eventos, palestras e publicações. Embora limites e desafios ainda sejam encontrados (multiplicidade de abordagens, baixa cooperação dos fornecedores, dificultando a elaboração de bancos de dados nacionais, levando pesquisadores a adaptarem suas informações aos bancos já existentes de outros países, gerando a probabilidade de incertezas e até transparência dos dados utilizados), foi possível verificar que a ACV possui grande potencial como ferramenta de decisão projetual. A análise dos estudos de caso possibilitou verificar os resultados da utilização da ACV, com exemplos de aplicação de forma comparativa, confrontando os resultados de desempenho de componentes, como telhas e paredes de vedação, o que possibilita a tomada de decisão do profissional envolvido na especificação técnica. Outro fator favorável é a associação a outras ferramentas de avaliação, como a verificação dos custos e do desempenho térmico demonstrou a flexibilidade da ACV, proporcionando estudos mais amplos. Novos desafios também foram identificados, destacando-se a falta de interoperabilidade entre softwares, que já possui perspectivas de solução no mercado, como a implantação do IFC e adesão de diversas empresas de softwares, utilizando um modelo de dados abertos que permite o intercâmbio de informações sem perda de dados), bem como iniciativas do IBICT, que atualmente desenvolve um banco de dados global (Global LCA Data

Acess) associado a outros bancos de dados do mundo, ações práticas que devem beneficiar o desenvolvimento de novos trabalhos no país e no mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CIMENTO PORTLAND. ACV- Modular. Disponível em <http://www.abcp.org.br/cms/sustentabilidade/acv/acv-modular/> Acesso em 29-12-16.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma NBR ISO 14040 e 14044 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. São Paulo, SP. 2009. 21 p.

ANAND, Chirjiv Kaur; AMOR, Ben. Recent developments, future challenges and new research directions in LCA of buildings: A critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 67, p. 408-416, 2017.

BLENGINI, Gian Andrea. Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy. Building and Environment, v. 44, n. 2, p. 319-330, 2009.

BRIBIÁN, Ignacio Zabalza; USÓN, Alfonso Aranda; SCARPELLINI, Sabina. Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment, v. 44, n. 12, p. 2510-2520, 2009.

BUENO, Cristiane; FABRICIO, Márcio Minto; ROSSIGNOLO, João Adriano. Avaliação de ciclo de vida de componentes construtivos como ferramenta de decisão no processo de projeto. Anais do 2º.Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído X Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2011.

BUILDINGSMART®. Technical vision. About Open BIM. Disponível em <http://buildingsmart.org/standards/technical-vision>. Acesso em 16-03-17.

CABEZA, Luisa F. et al. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 29, p. 394-416, 2014.

CALDAS, Lucas Rosse et al. Diagnóstico da Produção Científica Relacionada à Aplicação do BIM à Metodologia de Avaliação do Ciclo De Vida (ACV). In: IBERO-LATIN AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING. 2015.

CALDEIRA, Débora; SPOSTO, Rosa; CALDAS, Lucas. Avaliação do ciclo de vida energético de telha termoacústica com poliestireno expandido e telha cerâmica tipo plan em edificação unifamiliar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. Anais...Porto Alegre: ANTAC, 2016.

CAMPOLINA, Juliana Mendes; SIGRIST, Carolina São Leandro; DA SILVA MORIS, Virgínia Aparecida. Uma revisão de literatura sobre softwares utilizados em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (Fechada para submissões por tempo indeterminado), v. 19, n. 2, p. 735-750, 2015.

CAMPOS, Patricia Farrielo de. Light Steel Framing: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CHEHEBE, J. R. B. Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da. ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, CNI, 1998.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas. 2014. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/aspectosconstrucaosustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>. Acesso em 28-12-2016.

DEGANI, Clarice Menezes; CARDOSO, Francisco Ferreira. A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico. Núcleo de Pesquisa da Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, p. 11, 2002.

EVANGELISTA, Patricia; TORRES, Ednildo; GONÇALVES, Jardel. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como ferramenta de análise do desempenho ambiental de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

FREITAS, Ludmila de Souza; SCHMID, Aloísio Leoni; SILVA, Roberto Caldeira. A tomada de decisão na previsão da vida útil de projeto para edificações mais sustentáveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. O que é SICV Brasil? Disponível em < http://acv.ibict.br/banco-nacional/o-que-e-sicv/> Acesso em 29-12-16.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. GLOBAL Data LCA Access (GLAD). Disponível em < http://acv.ibict.br/sobre/global-data-lca-access-glad/> Acesso em 29-12-16.

LIRA, Júlia; CALDAS, Lucas; SILVEIRA, Ana; SPOSTO, Rosa. Avaliação do ciclo de vida de emissões de CO2 e desempenho térmico de habitações: estudo de caso do sistema construtivo Casa Express na cidade de Teresina – PI. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

MIRANDA, Aline; YUBA, Andrea Naguissa. Comparação de impactos ambientais de sistemas construtivos de paredes utilizando avaliação do ciclo de vida modular. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

MOREIRA, Danielle de Andrade. Responsabilidade ambiental pós-consumo: prevenção e reparação de danos à luz do princípio do poluidor-pagador. Rio de Janeiro e São Paulo: Editora PUC-rio e Letras Jurídicas (no prelo), 2013.

SALGADO, Mônica Santos; CHATELET, Alain; FERNANDEZ, Pierre. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. Ambiente Construído, v. 12, n. 4, p. 81-99, 2012.

SEVERO, Elisabeth; SOUSA, Hipólito. Ferramentas Quantitativas e Qualitativas para Avaliação da Sustentabilidade das Edificações. CIAIQ2016, v. 4, 2016.

SILVA, Fernanda et al. Aspectos metodológicos para a realização de estudos de avaliação de ciclo de vida (ACV) para produtos de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

VALLE, V. M.; SPOSTO, R. M.; PEDROSO, G. M.; SANTOS FILHO, V. M.; CALDAS, L. R. Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) e de custos de diferentes formas para paredes de concreto moldadas no local. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

ZOCCHE, Lidiana. Identificação das limitações da ACV sob a ótica de pesquisas acadêmicas. 2014

277. ANÁLISE DO USO DA VEGETAÇÃO NAS CERTIFICAÇÕES LEED DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS NO BRASIL

REIS, Thalles C. dos[*1](thallescostadosreis@gmail.com); VASCONCELLOS, Virgínia[1] (virginia.vasconcellos@gmail.com)*
[1]Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROARQ-FAU, UFRJ), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
A necessidade de projetar e construir edificações mais sustentáveis propiciou o surgimento de diversas certificações ambientais. O Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) apresenta-se como a certificação de maior relevância no cenário brasileiro, devido à sua aceitação e popularização no país. Um dos recursos que propicia um ambiente com maior qualidade arquitetônica e fomenta edificações de caráter mais sustentável é a vegetação e sua aplicação no conforto ambiental. Em nenhuma categoria da certificação LEED o aspecto vegetação é considerado, como recurso de apoio ao projetista, para atender ao conforto ambiental da edificação. O estudo, portanto, apresenta uma discussão relacionada ao uso de espécies vegetais como recurso auxiliador na promoção de edifícios de caráter mais sustentável e em sua aplicação em certificações ambientais LEED for Homes no Brasil. O objetivo da pesquisa é, através da análise de diretrizes, requisitos, soluções e metas identificadas em estudo de caso de edificação residencial com certificação LEED for Homes, avaliar a potencialidade do uso da vegetação como categoria de pontuação na certificação no Brasil. A análise permitirá, ainda, apontar melhorias na metodologia de avaliação da certificação e consequente fomento da sustentabilidade no ambiente construído. Os resultados das análises demonstraram que há uma subutilização de estratégias projetuais que englobem espécies vegetais e a incorporação dessas soluções são de grande importância para a sustentabilidade do ambiente construído, contribuindo para um melhor desempenho ambiental.
Palavras-chave: Sustentabilidade; vegetação; LEED; conforto ambiental; residencial.

ANALYSIS OF THE USE OF VEGETATION IN LEED CERTIFICATIONS OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN BRAZIL

ABSTRACT
The need to design and build more sustainable buildings has led to the emergence of several environmental certifications. The Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) presents a certification of greater relevance in the Brazilian scenario, due to its acceptance and popularization in the country. One of the tools that provide an environment with higher architectural quality and fosters the qualifications of a more sustainable character is a vegetation and its application in environmental comfort. In any category of LEED certification, the vegetation aspect is considered, as a tool to support the designer, to meet the environmental comfort of the building. The study, therefore, presents a discussion related to the use of vegetal species as an auxiliary tool in the promotion of buildings of a more sustainable character and its application in environmental certifications LEED for Homes in Brazil. The objective of the research is, through the analysis of guidelines, requirements, solutions and goals identified in the LEED for Homes certification case study, to evaluate the potential use of vegetation as a category of certification

score in Brazil. The analysis also allows us to point out improvements in the certification evaluation methodology and consequent promotion of sustainability in the built environment. The results of the analyzes showed that there is an underutilization of project strategies that include plant species and an incorporation of solutions are of great importance for the sustainability of the built environment, contributing to a better environmental performance.
Keywords: Sustainability; vegetation; LEED; environmental comfort; residential.

1. INTRODUÇÃO

Embasado na preocupação social, econômica e especialmente ambiental, a busca pela promoção de edifícios verdes[20] é uma prática cada vez mais presente no Brasil. Com a problemática da dependência energética houve o decorrente fomento à criação de estratégias e políticas visando à melhoria de sua eficiência nas edificações e nos centros urbanos, a fim de reduzir a sobre-exploração dos recursos energéticos disponíveis e, consequentemente, minimizar os impactos econômicos, sociais e ambientais inerentes ao conceito de sustentabilidade do ambiente construído (FERREIRA, 2009). A preocupação foi salientada quando uma redução da oferta da energia hidráulica (principal base da matriz elétrica brasileira) atingiu, em 2013, um decréscimo de 5,4%, o que levou a um também decréscimo de 1,3% da participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira, enquanto fontes não renováveis – como o petróleo e o gás natural –, tiveram aumento de 4,6% e 15,9% respectivamente, comparados ao ano de 2012 (BEN, 2014).
Sabe-se que somando os setores residencial, público e comercial, têm-se que o setor de edificações consumiu 41,1% do total de energia elétrica do país. Dentre esses, são as edificações residenciais as responsáveis pelo consumo de 20,5% (BEN, 2014).
Como método de promoção e classificação de edificações verdes, que contribuam para menor consumo energético das edificações surge o Leadership in Energy and Environmental Design – LEED. LEED é uma certificação para edifícios verdes desenvolvida e administrada pela United States Green Building Council (USGBC)[21], teve seu início em março de 2000 e recebeu atualizações e revisões desde então (CHAMPAGNE; AKTAS, 2015). Uma dessas revisões originou o LEED for Homes, parte da certificação LEED que objetiva a validação e certificação de edificações residenciais verdes e que promovam a sustentabilidade no ambiente construído.

1.1 LEED for Homes

A certificação LEED for Homes surge como uma ferramenta que tenta fomentar construções residenciais mais eficientes, mais saudáveis, promovendo a qualidade do ar interno e incorporando materiais menos impactantes (USGBC, 2014). A certificação permite avaliar quatro tipologias de edificações: (1) Residências unifamiliares geminadas; (2) Residências unifamiliares isoladas; (3) Edifícios Residenciais Multifamiliares de Poucos Andares; (4) Edifícios Multifamiliares de Altura Média[22].
O sistema de classificação proposto pela certificação LEED apresenta áreas-chave, que funcionam como base para o desenvolvimento dos *checklists* de avaliação do empreendimento

[20] Para TAPAS et all. (2016) um edifício verde é definido como aquele que otimiza a eficiência energética em relação ao edifício convencional.
[21] No Brasil, a responsabilidade pela certificação LEED é da Green Building Council Brasil – GBC Brasil.
[22] Entende-se como “Poucos andares” edificações residenciais multifamiliares constituídas por unidades que, separadas por divisórias horizontais, sejam empilhadas em até três pavimentos. Como “Altura média”, unidades que estejam empilhadas de quatro a seis pavimentos (LEED for Homes v2010) ou de quatro a oito pavimentos (LEED v4 BD+C).

(DANTAS; DANTAS; PIMENTA, 2010). Sua última versão, o LEED v4, foi lançada em 2014 e incorpora critérios obrigatórios como pré-requisito à certificação e critérios não obrigatórios que creditam pontos para uma melhor classificação.

As áreas-chave consideradas na certificação *for Homes* são:

Localização e Transporte, que incentiva a implantação em terrenos localizados em áreas urbanas já bem desenvolvidas e adensadas, que oferecem variedade de serviços e transporte alternativos aos carros (USGBC, 2014). Trabalha como critério obrigatório a prevenção de planície de inundação e como critérios de crédito a localização do bairro, escolha do terreno, desenvolvimento compacto, recursos comunitários e acessos de transporte.

Terrenos Sustentáveis, essa categoria encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda questões de importância em grandes centros urbanos, como permeabilidade do solo e das ilhas de calor (USGBC, 2014).

Eficiência Hídrica, categoria que sugere a promoção de inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e alternativas de tratamento e reuso dos recursos (USGBC, 2014).

Energia e Atmosfera alimenta a eficiência energética nas edificações por meio de estratégias, como, simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas energeticamente eficientes.

Materiais e Recursos busca encorajar o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.

Qualidade do Ambiente Interno busca promover a qualidade ambiental interna do ar, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs)[23], controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural (USGBC, 2014).

Inovação fomenta a criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED e busca promover a busca de conhecimentos sobre edifícios verdes[24] (USGBC, 2014).

Prioridade Regional propõe somar créditos na adequação do projeto, tentando particularizar as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local.

As áreas-chave LEED servem para ponderar, de modo a habilitar e classificar o projeto e o nível de sua certificação. Para certificações LEED *for Homes*, o projetista pode optar pelo sistema de certificação LEED v2009 ou LEED v4 BD+C[25], que apresentam como diferença principal, o nível de especificidade da classificação. Sendo a certificação LEED v2009 (anterior à LEED v4) de maior especificidade e detalhe e, portanto, suas classificações exigem pontuações mais altas. A certificação LEDD v4 pretende, portanto, ser uma ferramenta simplificadora, de modo a facilitar a obtenção da certificação.

As classificações das certificações para residenciais multifamiliares de altura média ilustram a classificação por pontos, nos Quadros 1 e 2:

[23] Homônimo em inglês *Volatile Organic Compounds* (VOC)
[24] Homônimo em inglês, *Green buildings*
[25] Siglas referentes ao termo LEED *for Building Design and Construction*

Quadro 1. Níveis da certificação LEED v4 BD+C: Homes e LEED v4 BD+C: Multifamily Midrise

Nível	Pontos necessários
LEED Certified™	40-49 pontos
LEED Silver®	50-59 pontos
LEED Gold®	60-79 pontos
LEED Platinum®	80 ou mais pontos

Classificação LEED v4. Fonte: USGBC, 2014.

Quadro 2. Níveis da certificação LEED for Homes v2009 e LEED for Homes Midrise Pilot v2010

Nível	Pontos necessários
LEED Certified™	45-59 pontos
LEED Silver®	60-74 pontos
LEED Gold®	75-89 pontos
LEED Platinum®	90 ou mais pontos

Classificação LEED v2009 e v2010. Fonte: USGBC, 2014.

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi, através da análise de diretrizes, requisitos de desempenho, metas e soluções de projetos adotados para a única residência certificada com o selo LEED *for Homes* no Brasil, identificar a potencialidade do uso da vegetação e sua especificação como recurso e solução projetual para maximizar o conforto ambiental de edificações residenciais, potencializar a eficiência energética e minimizar impactos ambientais. Avaliando, assim, a potencialidade do uso da vegetação como categoria de pontuação na certificação no Brasil. Para recorte da pesquisa, investigou-se como estudo de caso, o único exemplar certificado na categoria LEED *for Homes* no Brasil, a residência Alphaville Dom Pedro.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Posterior à etapa de revisão bibliográfica, iniciou-se a investigação e levantamento das edificações residenciais que obtiveram certificação LEED no Brasil. A etapa seguinte foi a de caracterização do projeto escolhido, identificação das diretrizes, requisitos de desempenho, metas e soluções aplicadas ao projeto. Logo, a interpretação dos resultados sugere a identificação das limitações e potencialidades da certificação LEED e o uso da vegetação como critério de pontuação na ferramenta.

3.1 A certificação LEED for Homes no Brasil

A certificação LEED ocupa papel de destaque no Brasil, entretanto, sua aplicação em edifícios residenciais vem obtendo tímidos avanços. Dezesseis[26] empreendimentos residenciais solicitaram a certificação LEED desde o ano de 2004, dos dezesseis, doze empreendimentos visavam a certificação LEED *Core & Shell (LEED CS)*, que busca a certificação da envoltória e planta da edificação, ignorando peculiaridades da distribuição interna do edifício. Ainda, dos dezesseis

[26] Dois empreendimentos (Alphasitio e Wai Wai Eco Residence) solicitaram a certificação para duas ou mais edificações de um mesmo empreendimento, portanto, foram calculados, para critério de levantamento, apenas uma vez.

pedidos de certificação, apenas duas residências obtiveram a certificação. O Quadro 3 apresenta os empreendimentos de residências que solicitaram a certificação LEED no Brasil[27].

Quadro 3. Lista de empreendimentos residenciais que solicitaram a certificação LEED no Brasil, entre os anos de 2004 a 2016.

Projeto	Cidade	Estado	Sistema	Versão	Certificado
Plaza Mayor Alto da Lapa	São Paulo	SP	LEED	2.2	Não
The Gift – Green Square	São Paulo	SP	LEED CS	2.0	Não
EcoLife Independência	São Paulo	SP	LEED CS	2.0	Não
Ecolife Freguesia	Rio de Janeiro	RJ	LEED CS	2.0	Não
Alphasitio	Santana de Parnaíba	SP	LEED NC	2.2	Não
CAB 2	São Paulo	SP	LEED NC	2.2	Não
Ecolife Taquaral	Campinas	SP	LEED CS	2.0	Não
Príncipe de Greenfield	Porto Alegre	RS	LEED CS	2.0	Não
Morumbi	São Paulo	SP	LEED CS	2.0	Não
Vida a Frente	Santo André	SP	LEED CS	2.0	Não
Paço das Águas	Fortaleza	CE	LEED CS	3.0	Sim
Wai Wai Eco Residence	Fortaleza	CE	LEED CS	3.0	Não
Riserva Due	Rio de Janeiro	RJ	LEED CS	3.0	Não
Residencial GK	Florianópolis	SC	LEED CS	3.0	Não
Residência Alphaville Dom Pedro	Campinas	SP	LEED for Homes	3.0	Sim
LLUM	Curitiba	PR	LEED CS	3.0	Não

Empreendimentos residenciais LEED no Brasil. Fonte: a partir de USGBC, 2016.

As solicitações foram feitas pelo sistema LEED, LEED *Core & Shell* (LEED CS), LEED New Construction (LEED CS) e Leed for Homes. Sendo que os empreendimentos que obtiveram a certificação LEED foram certificados nas categorias LEED CS (Projeto Paço das Águas) e LEED for Homes (Projeto Residência Alphaville Dom Pedro). A certificação LEED CS engloba toda a área comum, sistema de ar condicionado, estrutura principal, como caixa de escadas e elevadores e fachadas (GBC Brasil, 2016). Entretanto, ignora particularidades da distribuição interna do edifício. Já a certificação LEED for Homes, busca uma maior compreensão da residência.

3.2 O uso da vegetação em edificações verdes

Uma das mais consideráveis negligências do homem com o desenvolvimento sustentável veio da mínima preocupação com a cobertura vegetal (NUCCI, 2008), que, por sua vez, em meio ao crescimento urbano, possuía seu potencial não reconhecido e, portanto, desqualificado. Com a

[27] O levantamento apresentado exclui todos os empreendimentos classificados como confidenciais, sendo o acesso aos mesmos restrito à marca LEED.

crescente preocupação com a saúde ambiental das cidades, esse potencial passou a ser reconhecido ao se perceber o importante papel que a vegetação possui na qualidade de vida.
O uso da vegetação, em escala urbana, associa-se a inúmeras vantagens que vão desde escalas ambientais a sociais, já que os benefícios de se utilizar a vegetação são cumulativos e não se restringem a um único ângulo de compreensão.
No setor da construção civil, constata-se que o uso da vegetação é uma das opções para que as construções se tornem menos danosas ao meio ambiente, pois se trata de um elemento natural capaz de gerar benefícios notáveis às características térmicas de um local, amenizando a radiação solar mediante o sombreamento proporcionado por galhos e folhas, e controlando a temperatura por meio da transpiração do vegetal (SATTLER, 2004).
Como exemplos de sua contribuição, Dunnett (2004) constatou que paredes revestidas de vegetação reduzem o consumo de energia dos edifícios, além de amenizar a poeira urbana, por absorver parte das partículas voláteis emitidas na atmosfera.
A vegetação tem também um grande papel social, Kuo e Sullivan (1998), desenvolveram pesquisas relacionando o comportamento humano e o meio ambiente e, através delas, constataram a importância da vegetação na diminuição dos índices de violência nos bairros americanos e na melhoria da qualidade do espaço. Isso porque, acredita-se que a proximidade com áreas verdes reduz a fadiga mental e consequentemente, diminui a agressividade entre os moradores, tornando o ambiente urbano mais seguro. A presença de vegetação também aumenta o valor das propriedades, uma vez que edifícios próximos a áreas verdes, ou com vista para parques, possui seu valor aumentado em porcentagens significativas (SANTAMOURIS, 2001).
Muitos dos atuais programas de desenvolvimento buscam a melhoria da qualidade de vida no meio urbano. Isso significa, necessariamente, a melhoria do meio ambiente e do equilíbrio ambiental. Áreas verdes são elementos cruciais para alcançar estes objetivos, podendo assumir um papel primordial nos esforços para melhorar a qualidade de vida e no desenvolvimento sustentável (COSTA, 2011).
A vegetação como estratégia para propiciar edificações mais sustentáveis, apresenta também algumas limitações, em especial, quando avaliada a necessidade de manutenção e seu dinamismo. A vegetação é um elemento vivo e que sofre alterações ao longo do seu crescimento, das variações sazonais e por causas adversas, seja interferência humana, variações climáticas ou problemas de adaptabilidade (SCHERER; FEDRIZZI, 2016). Sua aplicação em residências, portanto, sugere uma maior facilidade de manutenção e controlabilidade.
Para este trabalho, propõe-se analisar a única experiência da certificação LEED *for Homes*, no Brasil, entendendo esta certificação como incentivador de desenvolvimento de edifícios residenciais verdes e como ferramenta de promoção de residências ambientalmente menos impactantes.

3.3 A residência Alphaville Dom Pedro

Depois de realizar o levantamento teórico e comprovar as vantagens da vegetação na promoção de edifícios verdes e verificar os empreendimentos residenciais com certificação LEED no Brasil, o trabalho deu continuidade a análise do estudo de caso da residência Alphaville Dom Pedro, sendo esta a única edificação com certificação LEED *for Homes* no Brasil. A residência está situada em Campinas, cidade do interior de São Paulo em um terreno de 593,13 m² e possuindo área construída de 494 m² (LCP, 2016). As Figuras 1 e 2 ilustram a fachada frontal com jardim e área externa dos fundos da residência, respectivamente.

Figura 1. Fachada frontal e jardim



Fonte: LCP, 2016

Figura 2. Fotografia aérea da área da área externa.



Fonte: LCP, 2016

A residência recebeu certificação LEED for Homes v3.0 na categoria Silver, com 68 pontos. A certificação foi dada em 2015 e figura a primeira certificação LEED for Homes no Brasil.
Para análise do estudo de caso, foram verificados e classificados dados do projeto de modo a categorizar suas: diretrizes, soluções, requisitos de desempenho e metas e recomendações.
A proposição das categorias justifica-se entendendo que para que se caminhe em direção à maior sustentabilidade do ambiente construído, quatro princípios orientadores gerais podem ser traçados na construção de diretrizes para seleção e especificação de materiais e sistemas construtivos (KAROLIDES, 2006; HARTKOPF et al., 2009; SPENCE; KULTERMANN, 2011):

- reduzir o consumo de energia proveniente de combustíveis fósseis e aumentar a refrigeração e o aquecimento passivo, a iluminação natural, bem como a geração de eletricidade;
- reduzir a geração de resíduos, garantir o melhor uso do solo urbano;
- reduzir o consumo de água com o aumento da coleta e reuso de água;
- reduzir a poluição de ar relacionada ao setor de edificações e aumentar a ventilação natural e a qualidade do ar no interior do edifício.

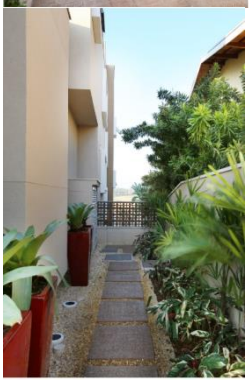
A concepção e a aplicação destes quatro princípios tanto em soluções com grande agregação de tecnologia (por exemplo, com uso de painel solar, reciclagem de água cinza/negra, entre outros), quanto em estratégias com utilização de soluções com pouco ou nenhuma utilização de ferramentas tecnológicas mais complexas irá, não somente, reduzir o consumo de recursos, como também melhorar a qualidade de vida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação de estratégias que promovam a sustentabilidade na edificação e ofereça a certificação LEED foi realizada, originando o Quadro 4, apresentado a seguir:

Quadro 4. Estudo de caso: Residência Alphaville Dom Pedro





Residência unifamiliar, 2015
Brasil, Campinas, SP.
Área construída 450m²
LEED for Homes (2015), v3.0 - Nível: Silver (68 pontos)

Diretrizes
Promover a conservação de água e de energia, bem como o uso de fontes de energia complementares
Evitar movimentação de terra
Garantir iluminação e a ventilação natural
Atender aos requisitos do LEED a fim de obter alguma certificação
Soluções
Tratamento de águas cinza para utilização em irrigação, limpeza externa e descargas
Sistema de irrigação por gotejamento
Preparo do solo com elementos que aumentam a retenção da água, como a incorporação de substrato a base de fibra de coco e turfa e aplicação de gel retentor de água antes do plantio
Captação e filtragem das águas pluviais por meio de filtros (Vortex)
Uso de espécies vegetais nativas
Uso de painel de argamassa armada com miolo de EPS (Poliestireno Expandido), reduzindo desperdícios no canteiro.
Uso de exaustores para cozinha e banheiros, medidores de CO2 e fumaça
Uso de placas fotovoltaicas
Instalação de brise nas janelas da face mais sujeita à insolação bem como a aplicação de película
Luminárias com lâmpadas tipo LED
Uso de dispositivos economizadores, tais como: bacia sanitária acopladas com sistema de duplo acionamento (3 e 6 litros), torneiras com fechamento automático
Especificação de materiais com teor de reciclado incorporado
Implantação em formato “Y”
Sistema de aquecimento solar para águas nos banheiros e piscina
Especificação de madeira certificada
Pisos drenantes para área externa
Requisitos de desempenho
Conforto térmico
Conforto lumínico
Qualidade do ar interior
Recomendações e metas
Certificação LEED
Produção de cerca de 70% da energia elétrica que será utilizada na fase de uso
50% a 60% de redução no consumo de água potável na fase de uso

Diretrizes, soluções e requisitos de desempenho para materiais e sistemas construtivos do estudo de caso Residência Alphaville Dom Pedro (a partir de LCP, 2016; USGBC, 2014).

Observa-se que as diretrizes do projeto priorizam a conservação de água e energia, menor impacto na paisagem com movimentação de terra e tentativa de garantir um conforto da luz e do ar através de sistemas passivos. Destaca-se a diretriz de intenção de atender aos requisitos do LEED a fim de obter alguma certificação, que induz a soluções projetuais adotadas.
Para atender aos requisitos de desempenho de conforto térmico, lumínico e qualidade do ar interior, as soluções buscam especificar materiais certificados e com incorporação de reciclados,

dispositivos economizadores de agua e energia, aplicação de sistemas de captação e tratamento de águas e captação de energia solar.
As recomendações e metas sustentam as diretrizes propostas quando apresentam propostas de redução no consumo de água e energia e obtenção da certificação LEED.
Quanto aos aspectos referentes ao uso da vegetação na edificação, o projeto apresenta apenas duas soluções projetuais que englobam, de maneira superficial, uma preocupação com o projeto paisagístico: o preparo do solo com elementos que aumentam a retenção da água, como a incorporação de substrato a base de fibra de coco e turfa e aplicação de gel retentor de água antes do plantio, e a especificação de espécies vegetais nativas. Se detendo apenas a pequenas intervenções, cumprindo o critério solicitado, mas de maneira a subutilizar as espécies vegetais.
O potencial da vegetação em promover a manutenção da biodiversidade, a melhoria da qualidade do ar através da retenção de partículas de CO2, a redução de ruídos, a regulação do efeito de ilhas de calor, a geração de créditos de carbono, como contribuição ambiental, é ignorada. Assim como sua contribuição para o conforto da edificação através de elementos vegetais de proteção solar.
Estudo desenvolvido por Stec, Passen e Maziarz (2005), avaliou o potencial da vegetação como elemento de controle solar na cavidade de fachada dupla envidraçada de uma edificação e comprovou o desempenho comparado a um sistema de veneziana tradicional. Os resultados demonstraram que o sombreamento com plantas foi mais eficaz do que com venezianas, com redução da temperatura superficial e na camada interna. Sunakorn e Yimprayoon (2011) ratificam a comprovação quando apresentam seu estudo que avaliou o uso de plantas trepadeiras como dispositivos de sombra verticais na fachada oeste de uma sala de aula ventilada naturalmente. Comparando a temperatura interna desta sala com outra de mesmas condições, porém sem a proteção vegetal, os resultados demonstraram que a temperatura interna ficou menor no ambiente protegido com a vegetação, sobretudo durante o dia, possivelmente ocasionado pelo sombreamento proveniente da cobertura vegetal e pelo processo de evapotranspiração da planta.
Como resultado da baixa exploração do potencial da vegetação na edificação, o projeto paisagístico apresenta-se com timidez, com objetos vegetais plantados em vasos e distribuídos de maneira meramente estética.

5. CONCLUSÃO

A ferramenta LEED como fomentadora de edificações de caráter mais sustentável, subutiliza o potencial da vegetação como aliado a projetos verdes. Em sua pontuação, apenas prevê a especificação de espécies nativas, que sem um tratamento adequado, servem apenas como itens decorativos e disfarçam a intenção de servir como pontuação para uma certificação. Apresentando-se como parâmetro com pouca confiabilidade para a promoção de edificações de caráter mais sustentável.
Sugere-se atenção para o uso da vegetação na concepção de edifícios verdes, que tem potencial para promover edificações com menores impactos ambientais. A vegetação apresenta-se também como estratégia viva, e, portanto, mutável, cabendo a construção de diretrizes que possam considerar as especificidades locais, do vegetal, do clima, da sazonalidade e de sua aplicação.
A certificação LEED *for Homes* também é recente, possui poucos exemplares edificados certificados no Brasil, sendo assim, facilitador para a revisão de áreas-chave na pontuação, podendo incorporar com maior facilidade aspectos inerentes ao uso da vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEN. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2014. Relatório.

CHAMPAGNE, C. L.; AKTAS, C. B. Assessing the Resilience of LEED Certified Green Buildings. Procedia Engineering. V.145, p. 380-387, 2016.

COSTA, C. S. Jardins Verticais – uma oportunidade para as nossas cidades? Arquitextos, São Paulo, ano 12, n. 133.06, Vitruvius, jul. 2011. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.133/3941>. Acesso em: 12 jul 2016.

DANTAS, P. M.; DANTAS, C. V. C.; PIMENTA, H. C. D. Compreensão dos elementos de Relevância da certificação LEED na sua tipologia novas construções. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010. São Carlos. Anais. São Carlos, SP, 2010.

DUNNETT, N.N.K. Planting Green Roofs and Living Walls. Portland: Timber Press, Inc., 2004.

FERREIRA, A. M. A. M. A eficiência energética na reabilitação de edifícios. Lisboa, 160 p., 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nova de Lisboa.

GBC BRASIL, Green Building Council - Brasil. Construindo um futuro sustentável. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br/> Acesso em 19 de Maio de 2016.

HARTKOPF, V.; YANG, X.; AZIZ, A. Case-studies of High-performance sustainable buildings. United Nations Environment Programme. Sustainable Building & Construction Initiative. UNEP-SBCI. Carnegie Mellon University, Jan, 2009.

KAROLIDES, A. Introduction to Green Building Materials & Systems. Chapter 2. In: Green Building: Project Planning & Cost Estimating. RSMeans. Kingston. MA. USA. 2006.p.452.

KUO, F.E.; SULLIVAN, W.C.; COLEY, R.L.; BRUSON, L. Fertile ground for community: inner-city neighborhood common spaces. American Journal of Community Psychology, v.26, n.6, 1998, p.823-851.

LCP Engenharia e Construções. Disponível em: <http://www.lcpconstrucoes.com.br/projeto_campinas.html>. Acesso em: 13 jul 2016.

NUCCI, J. C. Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano. Um estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília. Curitiba: URPR, 2008.

SANTAMOURIS, M. Energy and Climate in the Built Environment., London: James and James, 2001.

SATTLER, M.A. Edifcações Sustentáveis: interface com a natureza do lugar. In: MENEGAT, R; ALMEIDA, G. (Org.). Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades: estratégias a partir de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. p. 259-288.

SCHERER, M; FEDRIZZI, B. M. Arquitetura e paisagismo vertical – alternativa estética e de qualificação ambiental Arquitextos, São Paulo, ano 16, n. 188.03, Vitruvius, jan. 2016. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.188/5907>. Acesso em: 12 jul 2016.

SPENCE, W. P.; KULTERMANN, E. Construction Materials, Methods, and Techniques Building for a Sustainable Future. 3rd Edition. DELMAR CENGAGE Learning. USA, 2011. p. 47.

STEC, W. J., PASSEN, A. H. C., MAZIARZ, A. Modelling the Double skin façade with plants. Energy and Buildings, n. 37, p. 419-427, 2005.

SUNAKORN, Pasinee; YIMPRAYOON, Chanikarn. Thermal performance of biofacade with natural ventilation in the tropical climate. Procedia Engineering, n. 21, p. 34-41, 2011.

TAPAS, C. S. et al. Design features of Energy storage systems for Green buildings: An economic comparison with off-grid and on grid solutions. International Research Journal of Engineering and Technology, Nova Delhi, v. 06, n. 05, p. 38-42, mai. 2016.

USGBC, LEED for Homes rating system, US Green Building Council. 2014.

USGBC, LEED for Homes rating system, US Green Building Council. 2016.

289. ANÁLISE DO EMPREGO DA CERTIFICAÇÃO CRADLE TO CRADLE

VERONA, Matheus[1](matheusverona@live.com); MEDEIROS, Daniel*[1](drmedeiros@unisinos.br); PACHECO, Fernanda[1](fernandapache@unisinos.br)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
Cradle to Cradle é um conceito "do berço ao berço" desenvolvido por Willian McDonough e Michael Braungart que visa aproximar os processos de produção dos materiais ao que ocorre nos processos cíclicos da natureza. Oriunda desse conceito, a certificação C2C objetiva a eliminação de resíduo e o aprimoramento com que os materiais são utilizados e reutilizados, deixando, assim, um legado positivo para a sociedade e o meio-ambiente. O método baseia-se em dois metabolismos: o biológico e o técnico. O metabolismo biológico é o ciclo natural da vida no qual organismos e minerais fluem. Já o metabolismo técnico é o ciclo de fabricação e reciclagem dos materiais. Deste modo, o *Cradle to Cradle* é uma abordagem diferente da tradicionalmente utilizada até então definindo uma produção cíclica e eficaz. A certificação *Cradle to Cradle* foi criada em outubro de 2005 nos Estados Unidos, e é dividida em cinco principais categorias e classificada em cinco níveis diferentes e que hoje atinge vários países do mundo. Portanto, considerando os benefícios diversos da difusão desta ideologia, o objetivo deste estudo é delinear a situação atual da certificação *Cradle to Cradle* no mundo, visando determinar a distribuição de seu emprego nos diferentes países e setores, além de apresentar seu processo de certificação. Como resultado, pôde-se concluir que o conceito *Cradle to Cradle* é relativamente novo, porém promissor e sua aplicação deve ser melhor explorada. Seu processo de certificação possui maior influência na Europa e Estados Unidos, além de estar presente no Brasil, embora de modo inicial e sutil. Além disso, a certificação encontra maior número de produtos certificados dentro da indústria da construção civil, o que pode ser explicado devido sua aplicação dentro da certificação LEED.
Palavras-chave: Cradle to Cradle; Certificação; Eco-efetividade; Ciclo de Vida.

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE CRADLE TO CRADLE CERTIFICATION

ABSTRACT
The Cradle to Cradle concept was developed by William McDonough and Michael Braungart and aims to apply cyclical natural processes to material manufacturing processes. Additionally, this concept attempts to eliminate waste as well as improve the way materials are utilized and reutilized in order to pass on a positive legacy to society and the environment. The method is based on two metabolisms: the biological and the technical. The biological metabolism is the natural cycle of life in which organisms and minerals flow. On the other hand, the technical metabolism is the material manufacturing and recycling cycle. When applying this concept, a positive course of products and manufacturing processes is targeted to enable natural and technical systems, products and processes to withstand the diverse population on Earth in an eco-effective way. Therefore, Cradle to Cradle has a different approach compared to methods traditionally utilized up to date by defining

an effective cyclical manufacturing process. In light of such scenario, the Cradle to Cradle Certification was created in October 2005 in the United States of America. This certification is divided into five categories of evaluation arranged in five different levels of certification and, today, has reached several countries in the world. Therefore, taking into consideration the benefits of disseminating such ideology, the objective of this paper is to outline the current situation of the Cradle to Cradle Certification worldwide, to determine what types of products and materials mainly seek this type of certification in order to observe its application as well as introduce the process of certification. As a conclusion, the Cradle to Cradle concept is relatively new, however, promising and its application should be better explored. The Cradle to Cradle certification process has a greater influence in Europe and the United States, besides being present in Brazil at an initial and subtle stage. Moreover, the certification encounters a greater number of certified products within the civil construction industry, which could be explained by its application in the LEED certification process.
Keywords: Cradle to Cradle; Certification; Eco-effectiveness; Life Cycle.

1. INTRODUÇÃO

O nível de consumo de matéria prima utilizada pelas indústrias nos dias de hoje é um dos maiores de todos os tempos. Desde 1998 até 2008 a quantidade de matéria prima extraída da natureza para o uso nos processos de fabricação e consumo de produtos aumentou de 48 bilhões de toneladas para aproximadamente 70 bilhões de toneladas (POTHEN; SCHYMURA; 2015; WIEDMANN et al.; 2015). Hoje, consome-se 1,6 planetas em quantidade de recursos extraídos pela humanidade por ano. Isto significa que a Terra precisa de 1,6 anos para se recuperar dos danos causados durante um ano de consumo mundial. Previsões mostram que em 2030, caso a mesma tendência de consumo seja mantida, precisar-se-á do equivalente à 2 planetas para poder sustentar a população mundial (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2016). Por tal motivo, é amplamente discutido o uso e o desenvolvimento e a utilização de produtos sustentáveis e inovadores. Entretanto, para que se possa determinar quais produtos e processos produtivos são mais ou menos ecologicamente eficientes, diversos métodos de avaliação foram criados. Dentre todos, destaca-se o processo de certificação de produtos *Cradle to Cradle Certified*^{TM} (C2CPII, 2016a) que difunde o conceito de que todo material utilizado para fabricação de produtos deve ser considerado como um nutriente dentro de processos cíclicos biológicos e técnicos eliminando, assim, o conceito de resíduo (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002). Dada a relevância da difusão de métodos de produção mais sustentáveis e eficientes, torna-se necessário a discussão de processos de certificação de produtos que afirmam terem aspectos sustentáveis de modo a tomar uma decisão quanto a qual método possui melhor escopo.

2. OBJETIVO

O objetivo desde artigo é apresentar o conceito *Cradle to Cradle* e seu processo de Certificação, descrevendo desde o início da formação de tal conceito até a necessidade da criação do processo de certificação de produtos. Além disso, tem-se como motivação esboçar a situação atual da certificação no mundo, com distribuição de seu emprego nos diferentes países e setores.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Este artigo utilizou como método de pesquisa uma revisão bibliográfica de publicações e documentos utilizados durante o processo de certificação *Cradle to Cradle*. Além disso, para determinar o nível de influência atual da certificação *Cradle to Cradle* no Brasil e no mundo

através dos anos, adotou-se a quantificação de produções científicas como fator determinante e a comparação destes números com a quantidade de publicações científicas encontrada na busca por Avaliação do Ciclo de Vida. Esta comparação é relevante, pois a Avaliação do Ciclo de Vida é um método amplamente utilizado, cientificamente acreditado e possui objetivo semelhante da certificação *Cradle to Cradle*: avaliar produtos conforme seus aspectos sustentáveis.
Como ferramenta de busca, utilizou-se o Portal de Periódicos CAPES/MEC conforme website *www.periodicos.capes.gov.br*. Ao realizar a busca, foi inserido "Cradle to Cradle" entre aspas como palavra chave e a busca foi filtrada "no título" para que os resultados fossem restringidos a publicações que possuíssem em seu título a expressão "Cradle to Cradle", tornando, assim, a pesquisa mais delimitada e eliminando a possibilidade de que outras expressões com as mesmas palavras fossem retornadas. Portanto apenas trabalhos científicos com "Cradle to Cradle" contidos no título foram retornados. O mesmo foi realizado para "Life Cycle Assessment".
.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O histórico

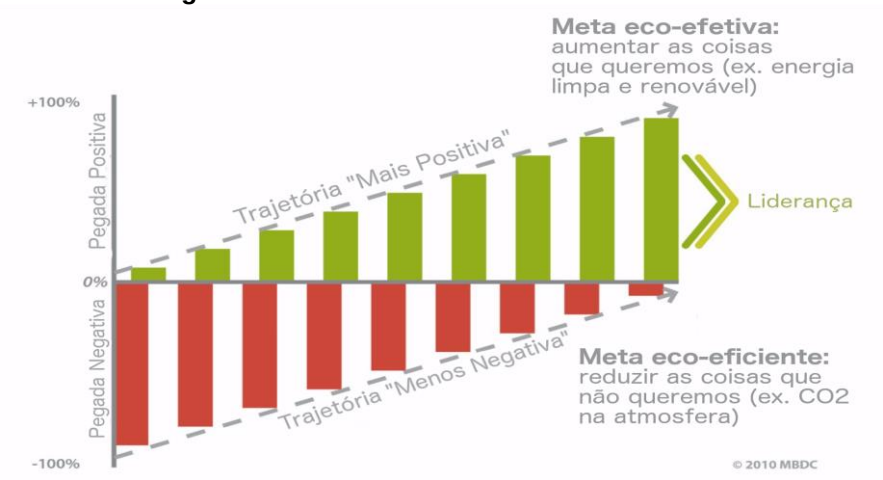
Como resultado da Revolução Industrial, a maior parte das indústrias no mundo tem seguido um processo de produção linear conhecido como *Cradle to Grave* (do berço à cova). Este modelo segue um processo linear onde os recursos são extraídos, transformados em produtos, comercializados e finalmente eliminados em um aterro sanitário ou incinerador (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002). Entretanto, em nenhum momento durante este processo são considerados os aspectos sustentáveis dos materiais utilizados, ou ainda, as agressões que podem decorrer de seu uso.
Frente a este cenário, surgiu um novo termo chamado de *Cradle to Cradle* (do berço ao berço) que foi supostamente utilizado pela primeira vez por Walter Stahel nos anos 80 e que inicialmente foi utilizado de maneira desmedida para simplesmente indicar um significado contraditório ao então conhecido termo *Cradle to Grave* (MBDC, 2016a; PRODUCT LIFE INSTITUTE, 2016).
Em 1991, o arquiteto americano William McDonough e o químico alemão Michael Braungart, ambos com experiências e interesses em questões ambientais, encontraram-se e combinaram o conceito de materiais como nutrientes dentro dos ciclos ambiental e técnico com as intenções de projeto (MBDC, 2016a).
No ano seguinte, a convite de Braungart, McDonough e sua equipe de arquitetos foi solicitada a desenvolver o manifesto *The Hannover Principles: Design for Sustainability* para a cidade de Hannover, Alemanha, a qual sediaria a exposição mundial EXPO 2000 no ano de 2000. Este manifesto tinha como objetivo elaborar princípios a serem seguidos por designers de todo o mundo para auxiliar na filosofia de projeto para cidades e regiões no que tange comunidades sustentáveis (WILLIAM MCDONOUGH AND PARTNERS, 1992), o qual seria o primeiro esboço do conceito *Cradle to Cradle* (C2C).
A partir disso que, em 1995, Braungart e McDonough co-fundaram a MBDC (McDonough Braungart Design Chemistry) para auxiliar clientes a eliminar o conceito de resíduo através de projetos inovadores (MBDC, 2016b). Três anos depois, ambos publicaram um artigo na revista *The Atlantic* e apresentaram o conceito de "eco-efetividade" como a solução para o design sustentável em detrimento ao termo "eco-eficiência", ou seja, deixar de ser "menos mal" através da redução e otimização de impactos negativos para se tornar "melhor" utilizando materiais como nutrientes dentro de um sistema de produção circular (MCDONOUGH; BRAUNGART, 1998).

Com todo esse trabalho em conjunto com inúmeros casos bem-sucedidos como, por exemplo, o complexo Ford Rouge Center (WILLIAM MCDONOUGH AND PARTNERS; MBDC, 2011) e a linha Nike Considered (RABIN, 2002), McDonough e Braungart lançaram o livro "*Cradle to Cradle: remaking the way we make things*" (Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente) em 2002 (MBDC, 2016b). Neste, os autores abordam assuntos sobre sustentabilidade, desafiam o pensamento quanto ao jeito com que se produz bens de consumo atualmente na indústria mundial, além de apresentar o conceito de C2C e eco-efetividade e mostrar estudos de caso bem-sucedidos (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002). O livro chegou ao Brasil em 2013 quando foi traduzido para o português pela editora G. Gili, de São Paulo, com o nome de "*Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente"* (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002).
Em 2005, a MBDC criou o *Cradle to Cradle Certified™ Program*, o qual foi o início da certificação de produtos baseado nos princípios C2C (MBDC, 2016b). Por fim, em 2010, McDonough e Braungart concederam os direitos da certificação para o *Cradle to Cradle Products Innovation Institute* (C2CPII), o qual é uma organização não lucrativa com sede em São Francisco, Califórnia, liderada por Lewis Perkins e financiada através de doações e valores recebidos através do processo de certificação de produtos (C2CPII, 2016b).

4.2 O conceito Cradle to Cradle

Atualmente, um dos métodos mais utilizados para determinar se um produto é ou não sustentável é através da avaliação de sua eco-eficiência utilizando o recurso da Avaliação do Ciclo de Vida definida pelas ISO 14040 e ISO 14044 (2006). O termo "eco-eficiência" é definido comumente como "adicionar o máximo de valor com o uso mínimo de recursos e mínima poluição", ou seja, visar a sustentabilidade nos processos de produção (HUESEMANN, 2004).
Entretanto, autores defendem que este tipo de abordagem apenas reduz o impacto negativo ao meio ambiente (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002; EHRENFELD, 2009; HUESEMANN, 2004). Por outro lado, deve-se tomar uma atitude "eco-efetiva" que diminua ou elimine o impacto negativo e aumente o impacto positivo ao ecossistema através de um desenvolvimento contínuo (Figura 1), em que aliado a redução da degradação, possa-se beneficiar de alguma maneira novos processos produtivos. É dentro deste cenário que se encontra o conceito C2C.

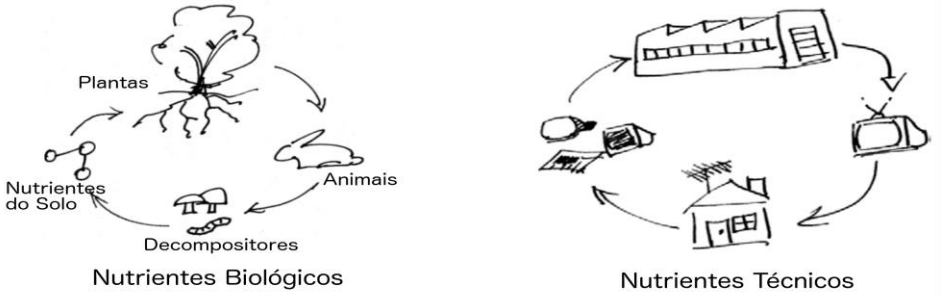
Figura 1. Gráfico do Desenvolvimento Contínuo



Adaptado de MBDC, 2016a.

Na natureza não existe o conceito de resíduo. Tudo é alimento para outro organismo dentro de um ecossistema. Deste modo, o C2C visa aproximar os processos de produção dos materiais ao que ocorre nos processos cíclicos da natureza, objetivando a eliminação de resíduo e o aprimoramento com que os mesmos são utilizados e reutilizados, deixando, assim, um legado positivo para a sociedade e o meio-ambiente (MBDC, 2016a; BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002), além de estimular o crescimento e desenvolvimento de produtos inovadores (PAUW et al., 2014).
O conceito C2C utiliza, de modo específico, dois metabolismos: o metabolismo biológico e o metabolismo técnico (Figura 2). Estes metabolismos determinam como os materiais poderão ser reutilizados dentro dos seus determinados ciclos. O metabolismo biológico é o ciclo natural da vida no qual organismos e minerais fluem, ou seja, o ciclo dos materiais biodegradáveis. Por outro lado, o metabolismo técnico é o ciclo de fabricação e reciclagem dos materiais, ou seja, o ciclo dos materiais recicláveis (MBDC, 2016a; BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002).

Figura 2. Ilustração dos Ciclos Biológico e Técnico



Adaptado de MBDC, 2016a.

Em geral, o conceito C2C possui três princípios básicos (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002; MBDC, 2016a):

- Eliminar o conceito de resíduo: transformar o que seria resíduo em nutriente dentro dos ciclos biológico e técnico. Portanto, deve-se priorizar dentro do processo de desenvolvimento de produtos o gerenciamento dos nutrientes e como reutilizá-los sempre visando causar um impacto positivo no meio-ambiente, na economia e equidade.
- Utilizar apenas energias renováveis: encorajar o uso de apenas fontes de energia renováveis como a energia solar, eólica, hidrelétrica, biomassa, geotérmica, entre outras.
- Celebrar a diversidade: apoiar a biodiversidade local e procurar causar um impacto positivo na comunidade local e funcionários.

4.3 A Certificação Cradle to Cradle

O programa *Cradle to Cradle Certified*® é o programa de certificação de produtos do C2CPII que utiliza como inspiração o conceito C2C (C2CPII, 2016b). Este programa de certificação teve início em 2005 quando foi desenvolvido pela MBDC para certificar produtos conforme os princípios citados (MBDC, 2016b). Em 2008, ainda liderado pela MBDC, o programa sofreu uma grande alteração com o lançamento da versão 2.1.1. Nesta atualização, a certificação possuía cinco categorias de avaliação: materiais, reutilização de materiais/projetar para o meio-ambiente, energia, água e responsabilidade social. Estas categorias eram classificadas em quatro níveis: básico, prata, ouro e platina (MBDC, 2008).

Já em 2013, sob direção do C2CPII, a versão 3.0 do programa *Cradle to Cradle Certified*® foi lançada (MBDC, 2013). Esta versão foi uma grande revisão da antiga versão 2.1.1 e incluía uma reformulação das categorias, requisitos e documentação além do acréscimo do nível bronze entre os níveis básico e prata (MBDC, 2013).
Atualmente, a certificação está na sua versão 3.1 (C2CPII, 2016c) que foi lançada dois anos após a versão 3.0 e que sofreu pequenas alterações desde então (MBDC, 2016a). Sua avaliação se baseia em cinco categorias:

- Materiais Seguros à Saúde: o objetivo final desta categoria é a utilização de apenas materiais que não causem nenhum dano ao meio ambiente e ao ser humano.
- Reutilização de Materiais: deve-se planejar e atingir o ciclo fechado do produto, seja ele dentro do ciclo biológico ou técnico.
- Energia Renovável e Gestão de Carbono: esta categoria procura avaliar a geração de energia renovável e as emissões locais associadas ao processo final de fabricação do produto bem como a energia incorporada do produto.
- Gestão da Água: a quantidade de água utilizada, a fonte de onde se extrai esta água e o descarte da mesma são considerados.
- Responsabilidade Social: deve-se considerar, também, o bem-estar dos funcionários e clientes além de preservar a diversidade da comunidade e ecossistema locais.

Para cada categoria mencionada, há cinco níveis conforme o rigor de seus requisitos: básico, bronze, prata, ouro e platina. O que determinará o nível do produto avaliado será o nível mais baixo alcançado em uma das cinco categorias. Além disso, após um produto ter sido avaliado e recebido sua certificação válida por dois anos, a empresa candidata receberá um cartão de resultados com os níveis alcançados pelo seu produto em todas as categorias, o qual será disponibilizado para pesquisa no site do C2CPII (http://c2ccertified.org) (MBDC, 2016a). A validade de dois anos para as certificações se dá com o objetivo de motivar as empresas a manter uma corrente de desenvolvimento e inovação contínua (MBDC, 2016a). A Figura 3 ilustra um exemplo de cartão de resultados de um produto que atingiu o nível geral bronze:

Figura 3. Exemplo de cartão de resultados de um produto



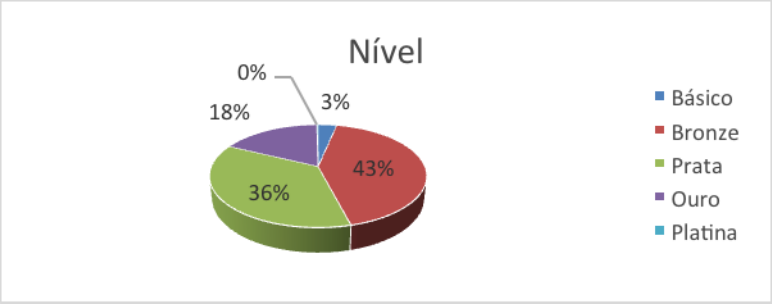
Adaptado de MBDC, 2016a.

Além disso, o conselho que determina as normas da certificação está desenvolvendo a versão 4.0 desde junho de 2014. Esta versão está prevista para ser lançada em 2017 e os detalhes do processo podem ser encontrados no site do Instituto (http://c2ccertified.org) (C2CPII, 2016d).
Além da certificação completa avaliada conforme todas as cinco categorias dentro do requisitos C2C, há também como obter certificação de um produto apenas para a categoria "Materiais Seguros à Saúde". Este tipo diferenciado de certificação se chama "Material Health Certificate" e é utilizado para assegurar clientes sobre a segurança dos ingredientes contidos em produtos (C2CPII, 2016a).

4.4 A distribuição do Conceito e Certificação Cradle to Cradle

Conforme já citado, o conceito C2C surgiu através da parceria entre o arquiteto americano William McDonough e o químico alemão Michael Braungart. Esta parceria levou a criação da *McDonough Braungart Design Chemistry* (MBDC) que possui sua sede em Charlotteville, Virginia. (MBDC, 2016b). Atualmente, o processo de certificação fica a cargo do C2CPII que se localiza em São Francisco, Califórnia, e possui escritórios em Amsterdã e Venlo, na Holanda (C2CPII, 2016b). Além disso, a certificação possui vários organismos acreditados que auxiliam candidatos a buscar a certificação C2C. Estes organismos estão localizados em diversas partes do globo, sendo três situados na América do Norte, dez na Europa e dois na América do Sul, mais especificamente no Brasil, somando um total de 15 organismos acreditados (C2CPII, 2016a). Desta forma, pode-se notar que a certificação possui maior influência dentro dos países europeus, seguido pelos Estados Unidos.
O programa *Cradle to Cradle Certified®,* liderado pelo *Cradle to Cradle Products Innovation Institute*, está no seu décimo primeiro ano de existência (MBDC, 2016b). Desde sua criação, o programa certificou diversos produtos e, atualmente, há um número total de 455 produtos certificados (C2CPII, 2016e) que estão disponibilizados para consulta no website do Instituto (http://c2ccertified.org).
Considerando todos os 455 produtos pesquisados na data de 12 de dezembro de 2016 distribuídos conforme versão da certificação, verifica-se que a grande maioria dos produtos estão certificados conforme a última versão (3.1), tendo apenas 3 produtos certificados conforme a versão 2.1.1 e 38 produtos conforme a versão 3.0 (C2CPII, 2016e). Acredita-se que, devido à validade de dois anos dos certificados e da certificação de novos produtos, há uma tendência dos produtos de atualizarem suas versões conforme as mais atuais. Pode-se notar esta evolução, pois até 2010 havia cerca de 400 produtos de mais de 100 empresas diferentes certificados pela versão 2.1.1 (MBDC, 2016a).
O Gráfico 1 ilustra todos os 455 produtos pesquisados em dezembro de 2016 distribuídos conforme nível de certificação. Através destes dados, nota-se que mais de 70% das certificações se encontram entre os níveis bronze e prata. Além disso, deve-se ressaltar que, embora não visível de forma gráfica, há 1 produto certificado nível platina.

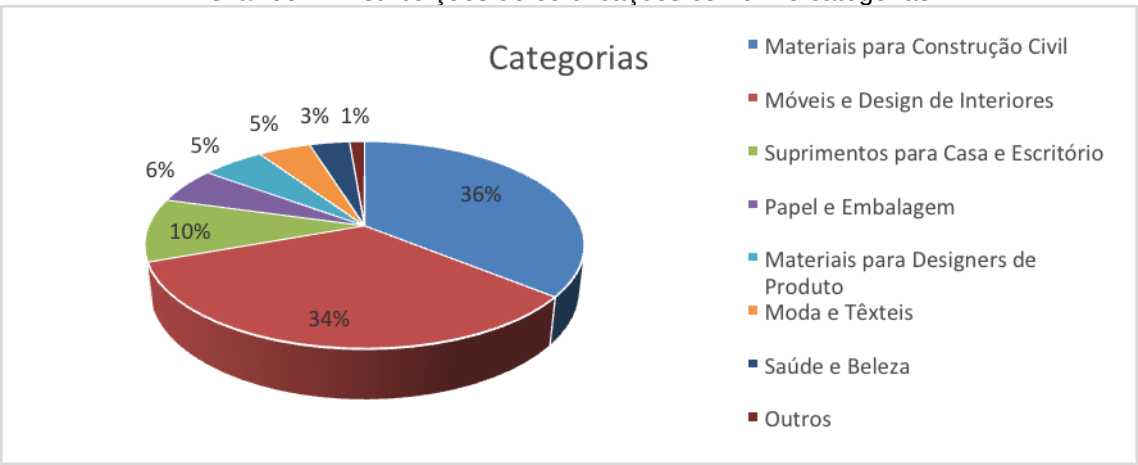
Gráfico 1. Distribuições de certificações conforme níveis de certificação



Elaborado pelos autores. Fonte: C2CPII, 2016e.

O Gráfico 2 ilustra todos os 455 produtos pesquisados em dezembro de 2016 distribuídos em categorias. Observa-se que aproximadamente 70% dos produtos certificados estão classificados entre Materiais para Construção Civil e Móveis e Design de Interiores, constatando uma grande participação da construção civil dentro dos produtos certificados C2C.

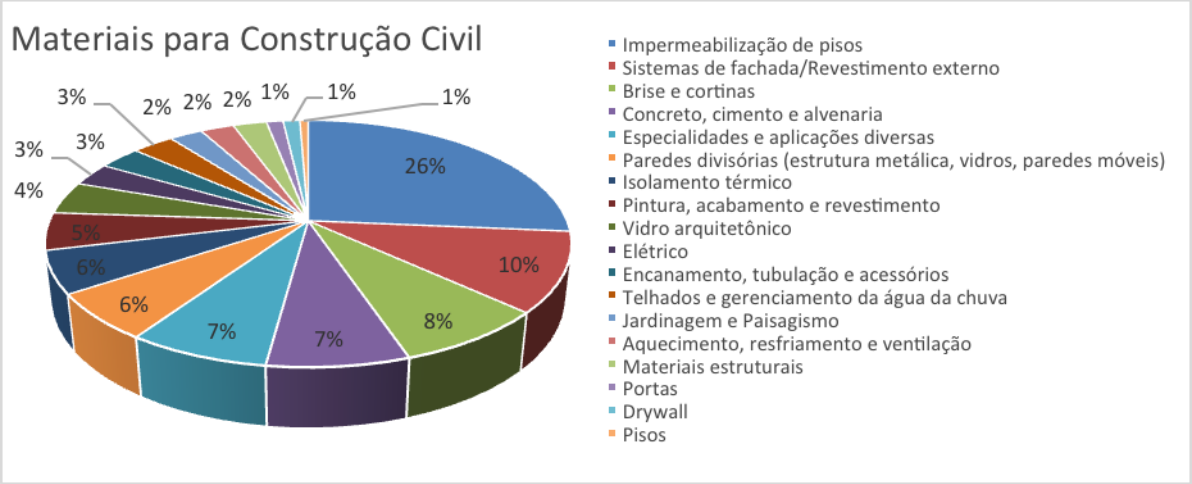
Gráfico 2. Distribuições de certificações conforme categorias



Elaborado pelos autores. Fonte: C2CPII, 2016e.

Devido à grande porcentagem de participação dos produtos referentes à construção civil, o Gráfico 3 indica qual é a distribuição dos tipos de produto dentro da categoria “Materiais para Construção Civil”. Neste gráfico, verifica-se uma grande variedade de produtos contemplados, tendo apenas a categoria “Impermeabilização de Pisos” uma maior discrepância de valores.

Gráfico 3. Distribuições de certificações dentro da categoria “Materiais para Construção Civil”



Elaborado pelos autores. Fonte: C2CPII, 2016e.

Verifica-se que há predomínio de materiais industrializados de diversos materiais dentro dos produtos certificados, havendo produtos feitos de plásticos, vidros, madeiras e metais. Portanto, há uma grande variedade de opções para a certificação de produtos dentro das premissas do C2C, dada a versatilidade e pluralidade da certificação.

Ao avaliar a quantidade de produções científicas encontradas no Portal de Periódicos CAPES/MEC, pode-se notar que em dezembro de 2016 houve um total de 110 produções publicadas encontradas que continham “Cradle to Cradle” em seu título, ao passo que para publicações que continham “Life Cycle Assessment” em seu título havia um total de 24.247 títulos. Isso demonstra que o conceito C2C precisa ser mais difundido e discutido. Entretanto, ao comparar este número a quantidade de publicações até o dia 31 de dezembro de 2002, houve um grande salto na quantidade de títulos publicados, pois até 2002 havia apenas 10 publicações encontradas. Um dos fatores que podem ter contribuído para esse crescimento está a divulgação do livro de McDonough e Braungart (Cradle to Cradle: remaking the way we make things) publicado no mesmo ano.

5. CONCLUSÃO

Este artigo objetivou apresentar o conceito C2C e seu processo de certificação, além de esboçar a situação atual da certificação no mundo, avaliando seu emprego nos diferentes países e setores construtivos. Através da realização desta pesquisa, pode-se observar que o conceito C2C se mostra inovador em comparação aos métodos tradicionalmente utilizados como, por exemplo, a Avaliação do Ciclo de Vida, por introduzir um pensamento de “eco-efetividade” em contrapartida à “eco-eficiência” atualmente empregada. A eco-efetividade, embora ainda não facilmente aplicada, conforme também observado por Toxopeus, Koeijer, Meij (2015), Bakker et al. (2010) e Huesemann (2004), visa contribuir com um impacto positivo ao meio-ambiente ao invés de tornar os processos produtivos menos negativos. Além disso, há indícios de que a utilização do conceito C2C estimulou a inovação e criatividade na fase de desenvolvimento de produtos, de acordo com estudos feitos por Pauw et al. (2014).

Através da pesquisa bibliográfica e da procura dentro do Portal de Periódicos CAPES/MEC realizadas neste trabalho, pode-se verificar, também, que o modo de economia circular, o qual é a

base do conceito C2C, é relativamente novo quando comparado com a economia linear (*Cradle to Grave*) que tem sido amplamente utilizada desde a Revolução Industrial. Além disso, este novo conceito não tem sido muito explorado cientificamente até o presente momento dado o número de publicações geradas em comparação com a Avaliação do Ciclo de Vida. Entretanto, com o lançamento do livro *Cradle to Cradle: remaking the way we make things* e a divulgação feita pelos organismos responsáveis pela certificação e parceiros, houve um aumento no número de pesquisas relacionadas aos produtos e à aplicação do conceito C2C.

Dentro dos produtos certificados C2C, verifica-se uma maior procura pela indústria da construção civil, seguida pelo design de interiores e móveis, que conjuntamente somam aproximadamente 70% do total de certificações geradas. Uma das razões pelas quais se pode haver uma maior procura da construção civil pela certificação seria a sua associação com uma outra certificação para edificações verdes conhecida como *Leadership in Environmental and Energy Design* (LEED), que valoriza a certificação C2C em seus itens *LEED Material Ingredient Disclosure (Divulgação de Ingredientes do Material)* e *LEED Material Ingredient Optimization (Otimização de Ingredientes do Material)*. Observa-se, também, uma maior influência da certificação na região europeia, onde se pode encontrar dois escritórios do C2CPII e cerca de dez organismos acreditados pelo instituto, seguido pelos Estados Unidos, onde se encontra a sede do instituto e cerca de três organismos acreditados. Na América do Sul, nota-se também um interesse inicial pela certificação visto os dois organismos acreditados localizados no Brasil.

Em suma, o conceito C2C é recente, porém possui grande capacidade inovadora em direção à um futuro mais sustentável e deve ser melhor explorado e estudado. Além disso, o processo de certificação se faz muito útil para produtos, especialmente dentro da área de construção civil e na região europeia onde há uma maior influência da certificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKKER, C. A.; WEVER, R.; TEOH, C.; CLERCQ, S. Designing Cradle to Cradle products: a reality check. International Journal of Sustainable Engineering. V.3, n.1, p. 2-8, 2010

BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. Cradle to Cradle: remaking the way we make things. North Point Press, 2002. 1 ed. 193 p.

C2CPII: Cradle to Cradle Products Innovation Institute. Disponível em http://c2ccertified.org acesso em 12 dez 2016a.

C2CPII: Cradle to Cradle Products Innovation Institute. Disponível em http://www.c2ccertified.org/about Acesso em 12 dez. 2016b.

C2CPII: Cradle to Cradle Products Innovation Institute. Disponível em http://www.c2ccertified.org/resources/detail/cradle_to_cradle_certified_product_standard Acesso em 12 dez. 2016c.

C2CPII: Cradle to Cradle Products Innovation Institute. Disponível em http://www.c2ccertified.org/get-certified/standards-development Acesso em 12 dez. 2016d.

C2CPII: Cradle to Cradle Products Innovation Institute. Disponível em http://www.c2ccertified.org/products/registry Acesso em 12 dez. 2016e.

EHRENFELD, John R. Sustainability by Design: A Subversive Strategy for Transforming Our Consumer Culture. Yale University Press, 2009. p. 11-12.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK: Advancing the Science of Sustainability. Disponível em http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/world_footprint/ Acesso em 07 dez. 2016.

PRODUCT LIFE INSTITUTE. Cradle to Cradle. Disponível em http://www.product-life.org/en/cradle-to-cradle Acesso em 14 dez. 2016.

RABIN, E. Eco-Intelligence: Nike Transforms the Textile Industry. Greenbiz. 2002. Disponível em https://www.greenbiz.com/news/2002/09/16/eco-intelligence-nike-transforms-textile-industry Acesso em 12 dez. 2016.

HUESEMANN, M. H. The Failure of Eco-Efficiency to Guarantee Sustainability: Future Challenges for Industrial Ecology. Environmental Progress. V.23, n.4, p. 264-270, 2004.

MBDC - McDonough Braungart Design Chemistry. Cradle to Cradle Certified™ Product Standard Version 2.1.1, 2008; Version 3.0, 2013; Version 3.1, 2016a.

MBDC - McDonough Braungart Design Chemistry. Disponível em http://mbdc.com/c2c-timeline Acesso em 07 dez. 2016b.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. The Next Industrial Revolution. The Atlantic. 1998. Disponível em http://www.theatlantic.com/magazine/toc/1998/10/ Acesso em 07 dez. 2016.

PAUW, I. C.; KARANA, E.; KANDACHAR, P.; POPPELAARS, F. Comparing Biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a case study of student design projects. Journal of Cleaner Production. V.78, n.1, p. 174-183, 2014.

POTHEN, F.; SCHYMURA, M. Bigger cakes with fewer ingredients? A comparison of material use of the world economy. Ecological Economics. V.109, n.1, p. 109-121, 2015.

TOXOPEUS, M. E.; KOEIJER, B. L. A.; MEIJ, A. G. G. H.; Cradle to Cradle: Effective Vision vs. Efficient Practice? The 22nd CIRP Conference on Life Cycle Engineering. V.29, n.1, p. 384-389, 2015

WIEDMANN, T. O.; SCHANDL, H.; LENZEN, M.; MORAN, D.; SUH, S.; WEST, J.; KANEMOTO, K. The material footprint of nations. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America - PNAS. V.112, n.20, p. 6271-6276, 2015.

WILLIAM MCDONOUGH AND PARTNERS. The Hannover Principles: Design for Sustainability. EXPO 2000: The world's fair. 1992

WILLIAM MCDONOUGH AND PARTNERS; MBDC - McDonough Braungart Design Chemistry. The Making of the Next Industrial Revolution at Ford Motor Company. 2011. Disponível em http://www.c2cproducts.com/images/fordinitiatives_11_0428.pdf Acesso em 12 dez. 2016.

323. HOSPITAIS MAIS SUSTENTÁVEIS: RELAÇÕES ENTRE A NORMATIVA BRASILEIRA PARA EAS E OS PROCESSOS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL

TIGRE, Paula Mesquita Zampiva[*1] *(pzampiva@gmail.com); DALL'ASTA, Érica*[2] *(ericadallasta@gmail.com); MEDEIROS, Daniel*[1] *(drmedeiros@unisinos.br)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
[2]Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
As construções hospitalares são consideradas as edificações mais adequadas para a aplicação de preceitos de sustentabilidade, visto que são grandes consumidoras de recursos ambientais. Entretanto, não existe, até o momento, um consenso sobre quais requisitos os edifícios hospitalares devem atender para serem considerados mais sustentáveis. Assim, entende-se que a definição de critérios para projeto do Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) que busque uma interação mais eficiente entre edifício e ambiente faz-se necessária. Nesse contexto, esta pesquisa objetiva estabelecer os critérios que o edifício hospitalar deve atender, tendo como premissas os preceitos de sustentabilidade, através de uma análise comparativa entre a normativa brasileira para EAS, a RDC n°50, e as certificações ambientais voltadas para a área da saúde, LEED, BREEAM e AQUA, sendo realizada durante o processo uma avaliação dos critérios contemplados e análise dos dados obtidos. A análise dos resultados revelou que a RDC n°50 é o sistema que apresenta a menor pontuação de critérios contemplados, provavelmente porque a normativa brasileira não enfatiza os aspectos ambientais do espaço construído. As certificações LEED for *Healthcare* e BREEAM for *Healthcare* ficaram equilibradas e a certificação AQUA foi o sistema mais abrangente entre os pesquisados. Entende-se que esta análise poderá servir como base para o desenvolvimento de futuras pesquisas e projetos na área da saúde, auxiliando projetistas e equipe técnica, além de possibilitar a revisão e adequação de normas. O programa hospitalar, por ser um dos mais complexos, muitas vezes se limita as restrições, tanto de programa, fluxos, processos, quanto de normativas, ao contrário de encarar esses desafios como uma oportunidade em busca de uma relação equilibrada entre o ambiente construído e os preceitos de sustentabilidade.
Palavras-chave: Arquitetura Hospitalar, Sustentabilidade, RDC n°50, Certificação Ambiental.

MORE SUSTAINABLE HOSPITALS: RELATIONS BETWEEN BRAZILIAN REGULATIONS FOR EAS AND ENVIRONMENTAL CERTIFICATION PROCESSES

ABSTRACT
The hospital buildings are considered the most appropriate buildings for the application of sustainability precepts, since they are great consumers of environmental resources. However, there is currently no consensus on what requirements hospital buildings must meet to be considered more sustainable. In this way, it is understood that the definition of criteria for Health Care Facilities (EAS) projects that seek a more efficient interaction between building and

environment is necessary. In this context, this research aims to establishing the criteria that the hospital building must meet, based on the precepts of sustainability, through a comparative analysis between the Brazilian regulations for EAS, RDC n ° 50, and the environmental certifications directed to the area of health, LEED, BREEAM and AQUA, being carried out during the process an evaluation of the contemplated criteria and analysis of the obtained data. The analysis of the results revealed that RDC n ° 50 is the system that presents the lowest score of the contemplated criteria, probably because the Brazilian standard does not emphasize the environmental aspects of the built space. The LEED for *Healthcare* and BREEAM for *Healthcare* certifications were balanced and AQUA certification was the most embracing system, among those analyzed. It is understood that this analysis can serve as a basis for the development of future research and projects in the area of health, assisting designers and technical staff, in addition to enabling the revision and adaptation of standards. The hospital program, because it is one of the more complex, often limits program, flow, process, and normative constraints, as opposed to facing these challenges as an opportunity for a balanced relationship between the built environment and The precepts of sustainability.
Keywords: Hospital Architecture, Sustainability, RDC n ° 50, Environmental Certification.

1. INTRODUÇÃO

As construções hospitalares são consideradas as edificações mais adequadas para a aplicação de preceitos de sustentabilidade, já que são grandes consumidoras de energia, de recursos ambientais e geradoras de resíduos, em razão da sua dimensão, complexidade de instalações, e principalmente, por seu consumo ininterrupto, além de suas múltiplas atividades, com características bem diversas: como industrial, hoteleira, laboratório e comércio (CARVALHO, 2006). Entretanto, inexiste, até o momento, um consenso sobre quais requisitos os edifícios hospitalares devem atender para serem considerados mais sustentáveis.

Desta forma, entende-se que a definição de critérios para o projeto do Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) que busque uma interação mais eficiente entre edifício e ambiente faz-se necessária. Destaca-se ainda a necessidade de ampliação dos debates sobre a revisão das principais normas, com a inserção de novos critérios, que determinarão uma evolução da qualidade nos serviços de saúde.

1.1 Normativas Brasileiras para os projetos de saúde

As normas relacionadas à infraestrutura física dos EAS têm o objetivo de obter a racionalização do uso dos espaços e a uniformidade de informações quanto à viabilidade técnica dos projetos arquitetônicos das edificações de saúde, em busca da melhoria da qualidade dos serviços.

A RDC ANVISA n° 50/2002 é a principal norma brasileira para os projetos da área da saúde, elaborada pelo Ministério da Saúde, e que sugere uma metodologia para elaboração de projetos de EAS, através da definição das atribuições, atividades, programa funcional, dimensões mínimas e critérios de conforto.

Esse regulamento técnico foi o resultado de longos debates e consultas públicas durante quatro anos e apresenta regras flexíveis em comparação à norma anterior, permitindo uma maior liberdade aos projetistas e evitando a adoção de modelos arquitetônicos preestabelecidos. Porém, com o decorrer dos anos e os avanços tecnológicos, necessita de revisão em alguns aspectos, como as atuais diretrizes da atenção à saúde, acolhimento do paciente, humanização dos ambientes, inclusões tecnológicas e evidências científicas, assim como as questões de

sustentabilidade. A revisão da norma resultará em um conjunto de diretrizes, mais adequadas ao cenário atual da saúde, orientando e balizando as construções dos EAS (BARCELLOS, 2012).

1.2 Certificações Ambientais para os EAS

Nos últimos anos vários países têm desenvolvido e aprimorado sistemas de avaliação da sustentabilidade das edificações como forma de garantir o cumprimento de critérios mínimos. O surgimento e a disseminação desses sistemas proporcionaram uma ampliação da busca, por parte de arquitetos e empreendedores, pela produção de edifícios com selos e certificações (PEREIRA, 2010).

Os impactos significativos ao meio ambiente e à saúde, associados aos edifícios hospitalares, têm estimulado a criação e a adoção de uma ampla variedade de ferramentas e recursos de "construção verde" direcionada ao setor de saúde. Em uma escala global, diversas ferramentas e recursos para edifícios verdes foram customizados para o setor da saúde e zonas ou regiões climáticas específicas (KARLINER; GUENTHER, 2011).

Alguns exemplos dessas ferramentas de certificação são o AQUA (Alta Qualidade Ambiental) para Serviços de Saúde, o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) for *Healthcare* e o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) for *Healthcare*. Tais sistemas de avaliação, por terem o objetivo de serem facilmente absorvidos pelo mercado e tornarem-se ferramentas auxiliares dos projetistas, foram desenvolvidos em forma de listas de verificação e com estruturas simplificadas, além de fornecerem selos e certificações aos edifícios como forma de incentivo à sua aplicação (SILVA, 2003; FOSSATI, 2008 apud ROMERO, 2011).

Em resumo, os sistemas de certificação de edifícios se baseiam em critérios e pré-requisitos, organizados em categorias, e aos quais são atribuídos valores a serem somados em uma pontuação final. Essa última determina a classificação alcançada na certificação, sendo que cada processo de certificação apresenta suas variações (GONÇALVES; KLAUS, 2015).

1.2.1 BREEAM for Healthcare

O *BRE Environmental Assessment Method* (BREEAM) é um sistema de certificação para edificações sustentáveis que foi criado no Reino Unido, pelo *Building Research Establishment* (BRE), na década de 1990. Apesar de sua aplicação fora do Reino Unido não ser permitida, a não ser que a adaptação ao novo contexto ambiental e socioeconômico tenha sido feita por órgãos reconhecidos pela BRE, em 2010 a certificação BREEAM foi identificada como aquela com o maior volume de edifícios certificados no mundo (GONÇALVES; KLAUS, 2015).

A certificação, específica para a área da saúde, BREEAM for *Healthcare* de 2008, possui como objetivos quatro pontos-chave: melhorar a sustentabilidade do EAS e definir um marco para o desempenho, melhorar as condições para os pacientes e equipe de trabalho, incentivar o uso pela comunidade e ampliar o escopo das economias operacionais. Seus créditos são ponderados de acordo com a importância do assunto a ser examinado em cada uma das categorias.

No Brasil, o BREEAM possui apenas duas edificações certificadas, ambas no Rio de Janeiro: o movimento Terras, condomínio de casas verdes; e o BNDES, que conseguiu no ano passado o BIU (BREEAM in use), versão da certificação para edifícios existentes (BREEAM, 2016).

1.2.2 LEED for Healthcare

A certificação ambiental *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) surgiu nos Estados Unidos em 1993, desenvolvida pela organização *U.S Green Building Council* (USGBC),

sendo um sistema voluntário e aplicável a qualquer tipo de construção, em qualquer fase do empreendimento.
A fim de ampliar sua aplicabilidade, o LEED foi ramificado em sistemas distintos para servir a edifícios de diferentes funções, como o LEED for Healthcare, com metas e créditos específicos de cada categoria. O LEED for *Healthcare* é a certificação que engloba todas as necessidades de um hospital, muito distintas das de uma construção comercial. A versão tem critérios específicos, por exemplo, em relação à qualidade do ar, aos materiais e à acústica (GBC BRASIL, 2016).
Hoje, no contexto brasileiro dos projetos na área de saúde, as unidades Morumbi e Perdizes do Hospital Israelita Albert Einstein, o Hospital Sírio Libanês, as unidades Alphaville e Rochaverá do Fleury, Hospital Alemão Oswaldo Cruz e o laboratório Boehringer Ingelheim já receberam a certificação LEED.

1.2.3 AQUA para organizações de saúde

O processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental), lançado em 2008 pela Fundação Alberto Vanzolini, foi o primeiro referencial brasileiro para avaliação e certificação do desempenho ambiental de edifícios, baseado na certificação HQE (*Haute Qualité Environmentale*), desenvolvida pelo Comitê Científico da Tecnologia da Construção (CSTB), da França.
Assim como o HQE, o AQUA procura estabelecer diretrizes para o processo de gestão do projeto como um todo e está dividido em dois elementos estruturadores para a certificação: Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), que avalia o sistema de gestão ambiental implementado pelo empreendedor, representando uma garantia do alcance do desempenho estabelecido na etapa inicial de projeto; e a Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), que avalia o desempenho arquitetônico e técnico do empreendimento (AQUA, 2011).
O processo AQUA possui referenciais técnicos específicos para cada tipologia, incluindo para as Organizações de Saúde. Esse último, lançado em 2011, já possui algumas obras certificadas, como o Instituto de Oncologia Santa Paula, que faz parte do complexo hospitalar Santa Paula/SP, inaugurado em 2013, primeiro edifício hospitalar no Brasil com essa certificação.

2. OBJETIVO

Para os edifícios hospitalares inexiste, até o momento, um consenso entre as organizações de saúde sobre quais caraterísticas as construções devem ter para serem consideradas mais sustentáveis, por isso a importância de pesquisas que tenham como foco principal do estudo responder à seguinte questão: como os edifícios hospitalares podem se adequar ao meio ambiente?
Este trabalho se propõe a estudar a relação entre os edifícios hospitalares e o meio ambiente, no que concerne ao projeto de EAS, desenvolvendo uma análise comparativa das normativas brasileiras voltadas para os EAS e das normas internacionais de certificação (AQUA, BREEAM e LEED).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para a elaboração da pesquisa, realizou-se inicialmente um levantamento do referencial bibliográfico disponível sobre os temas de sustentabilidade e arquitetura hospitalar, com ênfase nas normativas brasileiras, e nos processos de certificação voltados especificamente para a área da saúde, para obter a maior abrangência possível dentro desses temas.
Assim se definiu o método de pesquisa como uma **análise comparativa**, organizado o material obtido na revisão bibliográfica através do agrupamento de dados. Foi elaborado um quadro

comparativo entre a Normativa Brasileira para EAS – RDC N° 50 – ANVISA (2002) e os processos de certificação para hospitais: BREEAM for *Healthcare* (2008), LEED for *Healthcare* (V4) e o AQUA para Organizações de Saúde (2011).
Para a realização da análise comparativa foram adotados os critérios e requisitos destacados na pesquisa de Pereira (2011), que elaborou uma tabela comparativa entre os diversos sistemas de avaliação da sustentabilidade em edificações: BREEAM, SBTool *(Sustainable Building Tool)*, LEED, CASBEE *(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)*, *Green Star*, HQE, AQUA e RTQ (Regulamento Técnico da Qualidade). Os critérios e requisitos deverão compor a primeira coluna do quadro, seguidos pelas normas e certificações já selecionadas para essa pesquisa.
Posteriormente, foi realizada uma avaliação dos critérios com a seguinte análise: **contempla**: critério abordado no referencial em análise, e **não contempla**: critério não abordado no referencial em análise. A análise comparativa tem o objetivo de encontrar dados para auxiliar na definição dos requisitos que o edifício hospitalar deve atender, tendo como premissas os conceitos de sustentabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No agrupamento dos dados do quadro comparativo adotaram-se os critérios e requisitos destacados pela pesquisa de Pereira (2011) para compor a primeira coluna e servir como o método de análise. Posteriormente se realizou a avaliação dos itens através dos critérios **contempla** (C), critério abordado no referencial em análise e, **não contempla** (NC), critério não abordado no referencial em análise, conforme o Quadro 1:

Quadro 1: Análise Comparativa

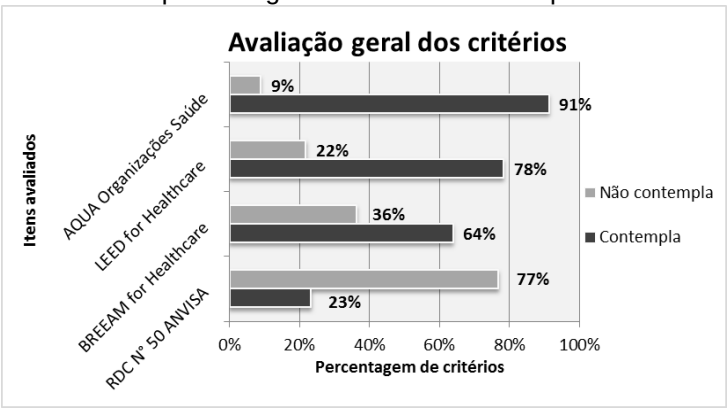
	Critérios / Requisitos (Pereira, 2011)	Normativa Brasileira RDC N° 50 / 2002 - ANVISA	BREEAM for Healthcare (2008)	LEED for Healthcare (V4 - 2016)	AQUA para Organizações de Saúde (2008)
Gestão e Qualidade dos Serviços	Comissionamento	NC	C	C	NC
	Gestão Ambiental do canteiro	NC	C	C	C
	Manual do Usuário	NC	C	NC	C
	Segurança	NC	C	NC	C
	Funcionalidade, eficiência e competência dos serviços	NC	NC	NC	C
	Manutenção e Operação	NC	C	NC	C
	Durabilidade e Confiabilidade	NC	NC	NC	C
	Profissional Creditado	NC	NC	C	NC
	Calibração do Edifício	NC	NC	NC	C
	Agente de Comissionamento	NC	NC	C	NC
	Gestão de Resíduos	C	NC	C	C
Qualidade do Ambiente Interno (Saúde e Conforto)	Iluminação Natural	C	C	C	C
	Iluminação Artificial	C	C	C	C
	Ventilação Natural	C	C	C	C
	Vistas	NC	C	C	C
	Conforto Térmico	C	C	C	C
	Conforto Acústico e Sonoro	C	C	C	C
	Qualidade do Ar	C	C	C	C
	Prevenção de Infecção Hospitalar	C	C	NC	C
	Materiais de Baixa Emissão de Gases	C	C	C	C
Energia	Redução de Emissão de CO2, Gestão de Gases	NC	C	C	C
	Controle do Uso de Energia	NC	C	C	C
	Ciclo de vida de energias não-renováveis	NC	NC	NC	C
	Eficiência do Sistema de Iluminação	NC	C	C	C
	Eficiência do Sistema de Condicionamento de Ar	NC	C	C	C
	Eficiência da Envoltória	NC	NC	C	C
	Otimização da performance da operação	NC	NC	C	C
	Pico de Demanda Elétrica	NC	NC	C	C
	Energias Renováveis, Energia Natural	NC	NC	C	C
	Carga Térmica	NC	NC	C	C
	Inovação Tecnológica	NC	NC	NC	C
Materiais	Seleção de Materiais com baixo impacto ambiental	NC	C	C	C
	Considerar o ciclo de vida dos materiais	NC	C	C	C
	Reuso	NC	C	C	C
	Reciclagem	NC	C	C	C
	Compra responsável	NC	C	C	C
	Durabilidade	C	C	NC	C
	Características Térmicas	C	C	NC	C
	Gestão de Resíduos	C	C	C	C
	Materiais Regionais	NC	NC	C	C
	Madeira Certificada	NC	NC	C	NC

Água	Redução de Consumo de Água	NC	C	C	C
	Controle do Uso da Água	C	C	C	C
	Sistemas de Detecção de Vazamentos	NC	C	NC	C
	Paisagismo Eficiente	NC	NC	C	NC
	Redução do Esgoto	NC	NC	C	C
	Reuso	NC	C	C	C
	Captação de Águas Pluviais	NC	NC	C	C
Poluição ou Cargas Ambientais	Redução de poluição do ar (emissão de gases)	NC	C	C	C
	Resíduos sólidos	C	NC	C	C
	Prevenção de Vazamentos	NC	C	NC	C
	Inundações	NC	C	C	C
	Proteção de Cursos de Água	NC	C	C	C
	Redução de Poluição Sonora	C	C	C	C
	Redução de Poluição Luminosa	NC	C	C	C
	Escoamento de Águas Pluviais	NC	NC	C	C
	Escoamento de Esgoto	C	NC	NC	C
	Impactos Locais e Regionais	NC	NC	C	C
Uso do Solo e Ecologia	Reuso de Terrenos	NC	C	C	NC
	Recuperação de Áreas degradadas e contaminadas	NC	C	C	C
	Mitigar Impacto Ecológico	NC	C	C	C
	Melhorar Aspecto Ambiental Local	NC	C	C	C
Relação com Entorno	Incentivo ao transporte público	NC	C	C	C
	Localização do Edifício	NC	C	C	C
	Facilidade e segurança aos ciclistas e pedestres	NC	C	C	C
	Estacionamento	C	C	C	C
	Implantação para um desenvolvimento sustentável (Conectividade urbana: energias renováveis, saneamento, resíduos, água, serviços, etc.)	NC	NC	NC	C
	Qualidade dos Espaços Exteriores	NC	NC	C	C
	Impactos sobre a vizinhança (direito ao sol, luminosidade, vistas, saúde, tranquilidade)	NC	NC	C	C

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Com a elaboração do Quadro 1 observou-se que alguns tópicos, encontrados no material do referencial bibliográfico, não foram considerados nos critérios e requisitos de Pereira (2011), mas que devem ser incorporados nas futuras análises. Esses tópicos são os seguintes: **Artes em Saúde** (BREEAM for *Healthcare* – 2008), **Flexibilidade** (LEED for *Healthcare* – 2009), **Projeto Integrado (desenho e planejamento) – Processo Integrado** (LEED for *Healthcare* – V4).
Na finalização da etapa foram desenvolvidos gráficos para ilustrar os resultados obtidos, na Figura 9 apresenta-se a avaliação geral com a percentagem de critérios contemplados em cada avaliação, onde se destaca, num total de 69 critérios, a certificação AQUA, com 91% dos critérios contemplados, a certificação LEED, com 78% e a certificação BREEAM, com 64%. A norma RDC n°50 apresentou um baixo índice, com 23% de critérios contemplados, resultado que já permite atentar para algumas possíveis lacunas nessa normativa brasileira.

Figura 9: Gráfico com a percentagem de critérios contemplados em cada avaliação

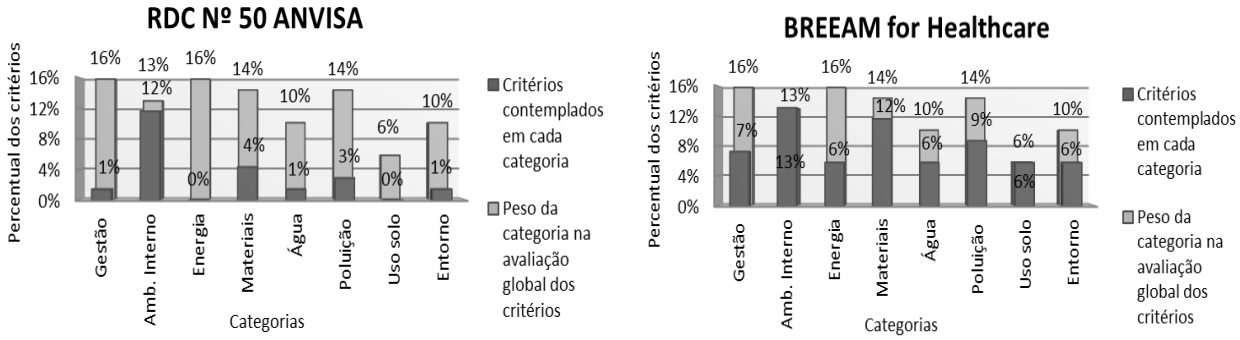


Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

As Figuras 2 e 3 mostram análises específicas da normativa brasileira e de cada uma das certificações, considerando o peso das categorias dentro da avaliação global e comparando com o percentual de critérios contemplados em cada categoria. O peso das categorias foi estabelecido pelo número de critérios total da categoria dividido pelo número total de critérios de todas as categorias, resultando num valor percentual.

Na normativa RDC n°50, conforme Figura 10, observa-se o predomínio dos critérios relacionados à qualidade do ambiente interno, representando 12% dos critérios contemplados, do total de 23%. Destaca-se que as categorias de Energia e Uso do solo e Ecologia não são contempladas em nenhum dos critérios. O predomínio dos aspectos relacionados à qualidade do ambiente interno está vinculado também a outras normas, que são referenciadas na RDC n° 50, como, por exemplo, a NBR 7256 de 2005, que aborda os sistemas de Tratamento de ar em EAS. Na certificação BREEAM for Healthcare, observa-se uma distribuição equilibrada entre as categorias, com predomínio dos critérios de Qualidade do Ambiente Interno e Materiais.

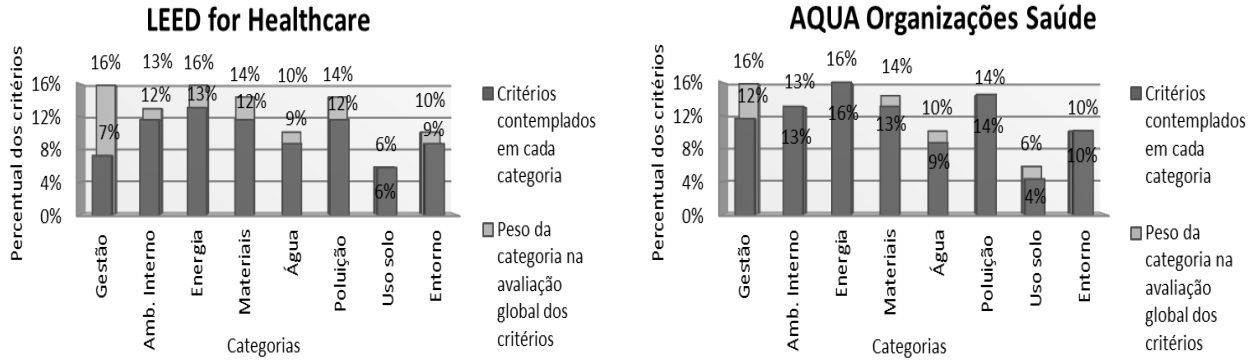
Figura 10: Distribuição por categorias – RDC nº 50 e BREEAM for *Healthcare*



Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

Na figura 3, observa-se, na certificação LEED, o conjunto mais equilibrado entre as certificações, com os critérios contemplados bem distribuídos entre todas as categorias, com destaque para os critérios de Energia. Na certificação AQUA para Organizações de Saúde observa-se também uma distribuição equilibrada entre as categorias, com predomínio dos critérios de Energia e Poluição ou Cargas Ambientais.

Figura 3: Distribuição por categorias – LEED for Healthcare e AQUA para Organizações de Saúde



Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

A análise dos gráficos elaborados apresentou interessantes resultados através da avaliação global da distribuição dos critérios, na qual observou-se o peso de cada categoria com destaque para as categorias de Gestão e Qualidade dos Serviços e Energia, que apresentaram o maior número de critérios, e que demonstra a importância desses aspectos nas certificações ambientais. A RDC nº 50 foi o sistema com a mais baixa pontuação de critérios contemplados, provavelmente porque a normativa brasileira não possui como objetivo principal os aspectos ambientais do espaço construído, abordando de maneira muito sucinta e superficial alguns aspectos de conforto. O que permite já destacar diversos itens que devem ser ampliados na revisão da norma, como as questões de Gestão, Energia e Água, três grandes categorias que precisam ser valorizadas no planejamento do edifício hospitalar.

As certificações LEED for *Healthcare* e BREEAM for *Healthcare* ficaram bem equilibradas e a certificação AQUA foi o sistema mais abrangente entre os pesquisados. Isso se deve, provavelmente, ao fato da certificação AQUA ser adaptada para a realidade brasileira, com embasamento de referências nas normativas brasileiras, como a própria RDC n° 50 analisada na pesquisa, a RDC n° 306 e a NBR 9050.

O sistema AQUA, inclusive, utiliza-se dos critérios do outro regulamento brasileiro, o RTQ - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações, como embasamento para alguns dos critérios. Outro importante diferencial é a obrigatoriedade de atender todas as categorias da certificação, o que permite, com atendimento mínimo em todos os critérios, maior flexibilidade às soluções de projeto, que podem ser adotadas de acordo com o contexto, considerando aspectos particulares do ambiente construído.

5. CONCLUSÕES

Sendo o edifício hospitalar um projeto complexo pelo seu extenso programa de necessidades, torna-se tarefa necessária atender aos preceitos de sustentabilidade, pois enquanto os sistemas de saúde forem apenas consumidores de recursos não renováveis, o sistema falha em se adequar aos desafios atuais relacionados à conservação e o uso eficiente dos recursos naturais.

A elaboração deste trabalho teve o objetivo de desenvolver uma contribuição prática, principalmente porque beneficiará o desenvolvimento adequado dos projetos de EAS, atendendo às normas e respeitando o meio ambiente, contando também com a ampliação dos processos de certificação dos projetos de saúde e o aprofundamento dos debates sobre a revisão das Normativas Brasileiras, especificamente a RDC n°50/2002 - ANVISA. Em sua contribuição teórica, poderá ampliar o campo das pesquisas vinculadas aos ambientes hospitalares, com foco na sustentabilidade dos edifícios de saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASIELIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Norma Brasileira, 2015.

AQUA. **Referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços** – Processo AQUA" - Organizações de Saúde. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n°50** Regulamento Técnico para Planejamento, Programação, Elaboração e Avaliação de Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2002.

_____. **Resolução RDC n°306** Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2004.

BARCELLOS, Regina. **As normas federais para projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde**. Revista Ambiente Hospitalar, ano 6, n° 9, 2012.

BREEAM. Certification. Disponível em: http://www.breeam.com/. Acesso em: 09.12.2016

CARVALHO, Antônio Pedro Alves de. **Quem tem medo da arquitetura hospitalar?** Salvador: Quarteto Editora/FAUFBA, 2006.

GBC BRASIL. Certificação LEED. Disponível em: http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php. Acesso em: 09.12.2016

GONÇALVES, Joana Carla Soares; KLAUS Bode (orgs.). **Edifício ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

KARLINER, Joshua; GUENTHER, Robin. **Agenda global Hospitais Verdes e Saudáveis.** Disponível em: <http://www.hospitaissaudaveis.org/default.asp> Acesso em: 09.12.2016

PEREIRA, Bruno Capanema. **Inserção de critérios de sustentabilidade à fase de concepção de projetos arquitetônicos:** subsídios para uma ferramenta. Brasília: Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2010.

ROMERO, Marta Adriana Bustos (org.) **Tecnologia e sustentabilidade para a humanização dos edifícios de saúde:** registro do curso de capacitação em arquitetura e engenharia, aplicado à área da saúde, hemoterapia/hematologia. Brasília: FAU/UnB, 2011.

343. AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE PROJETO ADOTADAS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO INSTITUCIONAL POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

GIL, A. M.[*1](augustomg@unisinos.br); DILLY, M. G.[1] (mthsdilly@gmail.com); PIRES, J. R.[1] (josianerp@unisinos.br); GONZALEZ, M. A. S.[1] (mgonzalez@unisinos.br); TUTIKIAN, B. F. (btutikian@unisinos.br)*

[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

A introdução da norma de desempenho para edificações habitacionais no mercado brasileiro da construção civil, a NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO..., 2013), enalteceu a importância do conforto térmico da edificação como um dos requisitos dos usuários. As condições térmicas de um ambiente correspondem a resposta física da edificação ao ser submetida às solicitações do clima externo, que tem influência de diversos fatores como o tipo de material empregado na composição dos sistemas construtivos, orientação solar da edificação, características das esquadrias, cargas térmicas internas e o uso de estratégias bioclimáticas. Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência das estratégias de projeto adotadas para a melhoria do desempenho térmico e de conforto térmico de uma edificação institucional composta, em sua maioria, por salas de aula. Serão avaliadas a utilização de ventilação cruzada, iluminação natural pela fachada sul e a utilização de brises para o sombreamento da fachada norte através de simulações computacionais com o software EnergyPlus. De forma complementar, foi avaliado o conforto térmico da edificação através do método de conforto adaptativo de Auliciems. O critério para análise dos resultados estabelecido pela norma de desempenho se mostrou mais adequado para avaliar o desempenho térmico da edificação. Através dos resultados, foi possível concluir que o uso dos pilares como forma de sombreamento não apresentou nenhuma influência sobre a variação de temperatura. A utilização de janelas na fachada sul foi a estratégia de projeto que resultou nos melhores níveis de desempenho e que a edificação poderia ter um melhor desempenho térmico se as janelas na fachada norte não existissem. No entanto, ainda seria necessário aplicar alguma solução para melhorar o desempenho da sala na extremidade leste no verão, que não atendeu ao nível mínimo para nenhuma situação avaliada.

Palavras-chave: Desempenho térmico; Conforto térmico; Eficiência energética; Arquitetura bioclimática; Simulação computacional.

EVALUATION OF PROJECT STRATEGIES ADOPTED TO IMPROVE THE THERMAL PERFORMANCE OF AN INSTITUTIONAL BUILDING THROUGH COMPUTER SIMULATION

ABSTRACT

The introduction of the Brazilian performance standard for residential buildings, NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO…, 2013), highlighted the importance of the building's thermal comfort as one of the users' requirements. The thermal conditions of an environment correspond to the physical response of the building when subjected to the external climate, which is influenced by several factors such as the type of material used in the composition of the building's constructive systems,

solar orientation of the building, characteristics of frames, thermal loads and the use of bioclimatic strategies. This work aims to evaluate the efficiency of the project strategies adopted to improve the thermal performance and thermal comfort of an institutional building, composed mostly of classrooms. The use of cross ventilation, natural lighting by the south façade and the use of brises for shading of the north façade will be evaluated through computational simulations with the EnergyPlus software. In a complementary way, the thermal comfort of the building was evaluated through Auliciems' adaptive comfort method. The criterion for analysis of the results established by the Brazilian standard was more adequate to evaluate the building's thermal performance. Through the results, it was possible to conclude that the use of the pillars as a form of shading had no influence on the temperature variation. The use of windows on the south façade was the design strategy that resulted in the best levels of performance and that the building could have a better thermal performance if the windows on the north façade did not exist. However, it would still be necessary to apply some solution to improve the performance of the room in the east end in the summer, which did not meet the minimum level for any situation evaluated.
Keywords: Thermal performance; Thermal comfort; Energy efficiency; Bioclimatic architecture; Computational simulation.

1. INTRODUÇÃO

A introdução da norma de desempenho para edificações habitacionais no mercado brasileiro da construção civil, a NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO..., 2013), enalteceu a importância do conforto térmico da edificação como um dos requisitos dos usuários. De acordo com a referida norma, a edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de conforto térmico dos usuários. Atendendo a estas exigências é possível reduzir o consumo de energia no uso da edificação, uma vez que as estratégias de arquitetura bioclimática permitem uma maior eficiência energética através do aquecimento/resfriamento passivo e uso de iluminação e ventilação natural, o que está diretamente ligado à sustentabilidade.

As condições térmicas no interior de uma edificação correspondem a resposta física desta às solicitações do clima e do ambiente que está inserido, sendo influenciada pelo tipo de material e cor empregados, orientação solar, características construtivas e da carga térmica interna (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Já o conforto térmico está relacionado com a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente no qual está inserido, tendo como variáveis as características ambientais e as características humanas (ASSOCIAÇÃO..., 2005 e INSTITUTO..., 2011). Portanto, não é possível quantificar a qualidade do conforto térmico de uma habitação somente pelas suas características construtivas, visto que as mesmas também dependem da percepção do indivíduo que a habita.

No intuito de quantificar a percepção térmica do homem, diversos autores definiram índices e escalas para identificar zonas de conforto. Estas zonas foram delimitadas e estabelecidas através de cartas, nomogramas e diagramas. Em sua maioria, foram montadas relacionando-se as graduações de conforto e desconforto térmico com os parâmetros físicos de estímulo, ou seja, buscam reproduzir as sensações subjetivas geradas pelas variações térmicas (BARBOSA, 2006).

Segundo Roméro (2000) e Almeida (2005) estes índices possuem uma série de limitações e são aplicáveis nas regiões e situações para as quais foram determinados. Pois se originam de análises estatísticas de dados experimentais e de extensivas observações de laboratório e de campo. Entretanto, na definição de soluções projetuais com utilização de estratégias bioclimáticas, os modelos adaptativos podem ser utilizados como um critério de escolha, prevendo a condição de conforto térmico.

Pereira e Assis (2009) verificaram em seu estudo comparativo de índices adaptativos (Auliciems, 1981; Humphreys, 1978; Nicol e Humphreys, 2002; DeDear e Brager, 2002) com estudos brasileiros, que o índice de conforto adaptativo de Auliciems apresenta maior compatibilidade com o clima brasileiro, sendo apropriado para predizer a condição de conforto térmico dos usuários em regiões de grande amplitude térmica (PEREIRA E ASSIS, 2009). Ferreira e Souza (2013) em estudo posterior, ampliaram a análise de Pereira e Assim (2009) e concluíram que para as cidades de clima menos rigoroso, o índice de Auliciems (1981) apresenta a melhor aplicabilidade que os demais índices.

Destacam Road, Fuentes e Thomas (2009), que a capacidade de a edificação proporcionar conforto está relacionada com a sua adequação ao clima onde está inserida. Assim, as estratégias bioclimáticas devem ser escolhidas em função do período de ocupação dos ambientes ao longo do dia e das estações, conforme as características das fachadas e a sua orientação solar. (BRASIL, 2005). De acordo com Pires (2013), diversos materiais e técnicas construtivas influenciam o desempenho térmico de uma edificação, como orientação solar, vegetação, ventilação natural, insolação e as características da envoltória (cor, transmitância térmica, atraso térmico, materiais e técnicas construtivas).

A avaliação do desempenho térmico de uma edificação pode ser realizada através de medições ou por métodos analíticos, sendo a segunda mais amplamente utilizada. Na avaliação por cálculo, deve-se considerar o caráter dinâmico dos fenômenos de transferência de calor e de massa entre a edificação e o ambiente externo. O entendimento sobre o balanço de energia, massa e movimento são os princípios de análise e se baseiam nos processos de transferência de calor (PIRES, 2013).

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência das estratégias de projeto adotadas para a melhoria do desempenho térmico de uma edificação institucional localizada na zona bioclimática ZB2. A edificação é composta, em sua maioria, por salas de aula, as quais são ventiladas naturalmente.

3. MÉTODO DE PESQUISA

De modo a atingir o objetivo proposto de verificação da eficiência das estratégias de projeto adotadas para a melhoria do desempenho térmico da edificação, foram realizadas simulações térmicas computacionais da situação real da edificação, comparada com simulações realizadas com variações nas estratégias de projeto da edificação.

3.1 Objeto de estudo

O objeto deste estudo consiste em edificações onde estão localizadas as salas de aula do campus da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) em São Leopoldo/RS. A Figura 1a apresenta uma imagem aérea do campus, onde observa-se que a maioria das edificações estão organizadas em fita, com as fachadas de maiores dimensões na orientação norte/sul. A variação angular do norte em relação ao alinhamento dos prédios é de 70°, conforme medição realização com uma bússola no local. A Figura 1b apresenta uma planta baixa da edificação representada por um conjunto de três salas de aula, composto por uma sala central e duas salas de canto.

Esta situação é representativa e foi escolhida para simular a edificação pois apresenta os três tipos de sala existentes. As Figuras 2a e 2b apresentam as fachadas principais e um corte transversal da edificação, permitindo uma melhor visualização dos materiais e sistemas construtivos empregados.

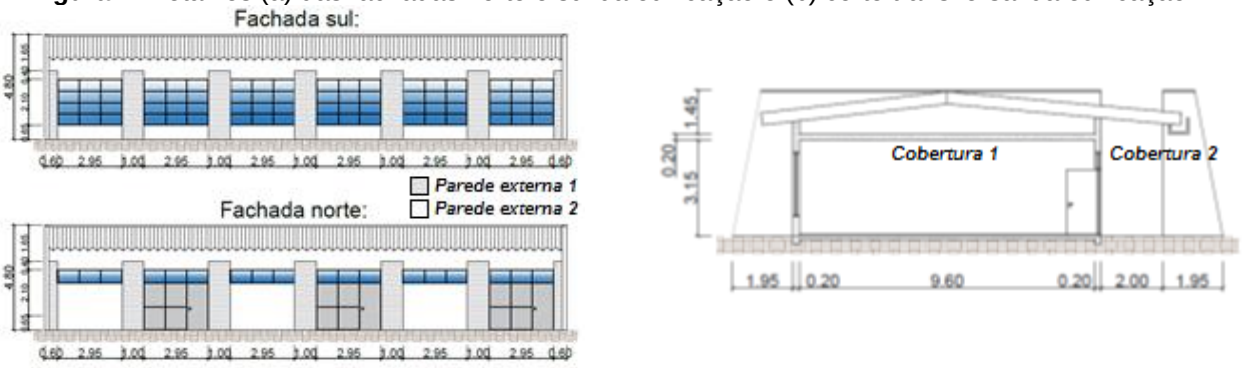
Figura 1. Imagem (a) aérea do campus da Unisinos em São Leopoldo/RS e (b) planta baixa da edificação representada por um conjunto de três salas de aula



(a) (b)

Fonte: Adaptado pelo autor de Google Maps (2016).

Figura 2. Detalhes (a) das fachadas norte e sul da edificação e (b) corte transversal da edificação



(a) (b)

3.1.1 Estratégias de projeto

Através de uma análise da edificação é notável que a concepção do seu projeto arquitetônico contempla quatro estratégias de projeto visando a melhoria do desempenho térmico da edificação: (i) Edificações em formato de fitas, com apenas um cômodo nas fachadas leste e oeste, onde há maior incidência solar; (ii) Utilização de esquadrias para iluminação natural na fachada sul, com dimensões 2,95x2,10/0,65m (largura e altura da esquadria e altura do parapeito), conforme apresentado na Figura 3a. Estas esquadrias são do tipo basculante, possuem abertura para ventilação máxima de 50% e são constituídas de ferro e vidro simples. Buscou-se através destas aproveitar a iluminação natural sem a exposição direta à radiação solar como acontece nas outras orientações solares. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) dispõem sobre a importância deste tipo de orientação na concepção do projeto arquitetônico da edificação; (iii) Ventilação cruzada entre as fachadas norte e sul, nos corredores da edificação estão localizadas esquadrias de mesmas características que as empregadas na fachada sul, porém em menores dimensões (2,95x0,60/2,15m), como pode ser observado na Figura 3b. Localizadas na parte superior da parede para preservar a privacidade dentro das salas de aula, estas esquadrias permitem a ventilação cruzada no interior da edificação, por estarem localizadas em lados opostos. Esta técnica é também conhecida como resfriamento passivo e segundo Lamberts, Dutra e Pereira

(2014) é a estratégia mais simples de ser adotada, sendo aplicável em regiões áridas, onde a temperatura diurna é de 30°C a 36°C; e, (iv) Sombreamento da fachada norte com a cobertura e alargamento dos pilares, os corredores das edificações são espaços abertos ao ambiente natural localizados na fachada norte dos prédios. Para o abrigo dos usuários contra as ações climáticas estes corredores possuem uma cobertura sustentada por pilares que, além desta função, fazem o sombreamento da edificação contra a exposição direta dos raios solares na fachada norte. Estes pilares, como pode ser observado na Figura 3c, possuem dimensões alargadas no sentido transversal da edificação e apresentam a função de sombreamento na incidência do sol nascente e poente, além das características estéticas e estrutural. Esta técnica é muito similar à utilização de brise-soleil, que tem como objetivo a interceptação da radiação solar direta através de um elemento externo da edificação, antes de esta penetrar no ambiente interno (TORRES, 2011).

Figura 3. (a) Esquadrias para iluminação natural na fachada sul; (b) Esquadrias na fachada norte para ventilação cruzada, e; (c) Pilares com dimensões alargadas na fachada norte da edificação



(a) (b) (c)

3.1.2 Materiais e sistemas construtivos empregados

O Quadro 1 apresenta um resumo dos sistemas construtivos que compõem a edificação, com todos os materiais componentes, suas características e propriedades térmicas. Para fins de simulação foram adotadas as propriedades térmicas (condutividade térmica, peso específico e calor específico) dos materiais descritos pela NBR 15220-2 (ASSOCIAÇÃO..., 2005).

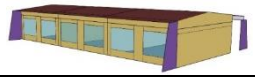
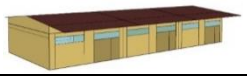
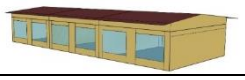
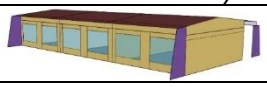
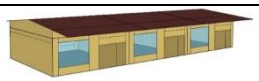
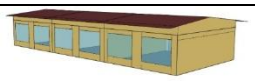
Quadro 1. Descrição dos sistemas construtivos encontrados na composição da edificação

SIST. CONSTRUTIVO	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS	LOCAL DE USO
Cobertura 1	Laje de concreto (15cm) e telhamento em fibrocimento (0,8cm)	Salas de aula
Cobertura 2	Telhamento em fibrocimento (0,8cm)	Corredores
Janelas1	Esquadria metálica basculante (50% de abertura) e vidro liso (0,4cm)	Janelas
Janelas 2	Chapa metálica (0,1cm)	Corredores
Parede externa 1	Alvenaria de tijolo à vista composta por bloco cerâmico (12cm) duplo com argamassa de assentamento vertical (1cm)	Fachadas norte e sul
Parede externa 2	Alvenaria com as duas faces rebocadas composta por bloco cerâmico (12cm) com revestimento argamassado nas duas faces (2cm cada)	Fachadas norte e sul
Parede interna	Alvenaria com uma face rebocada composta por bloco cerâmico (12cm) com revestimento argamassado em uma face (2cm cada)	Divisão entre salas
Pilares	Concreto (20cm)	Corredores
Piso interno	Camada de solo (45,7cm), contrapiso de concreto (20cm) e assoalho de madeira (1cm)	Salas de aula
Porta	Madeira maciça (3cm)	Corredores
Vigas-calha	Concreto (15cm)	Corredores

3.2 Elementos estudados

Foram avaliadas, além da situação real, a utilização de sombreamento, ventilação cruzada e iluminação natural pela fachada sul. Ao todo, foram avaliadas 5 situações diferentes de projeto, combinando-se situações em que a edificação pudesse ser concebida sem considerar as estratégias de projeto adotadas, conforme ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2. Situações analisadas nas simulações

	COMBINAÇÃO DE SITUAÇÕES	
SIMULAÇÃO	**FACHADA NORTE**	**FACHADA SUL**
1	Situação real	
		
2	Situação real sem o sombreamento dos pilares	
		
3	Situação real sem ventilação cruzada (janelas fachada norte)	
		
4	Situação real sem o sombreamento dos pilares e sem ventilação cruzada (janelas fachada norte)	
		
5	Situação real sem o sombreamento dos pilares e com as janelas da fachada norte no mesmo tamanho das janelas da fachada sul	
		

3.3 Parâmetros de modelagem e simulação

Utilizou-se para simulação computacional o software Energy Plus (versão 8.1) e para modelagem da edificação foi utilizado o plug-in OpenStudio para o Google SketchUp 8. O algoritmo de solução utilizado foi o Conduction Transfer Function (CTF), o qual considera apenas a troca de calor sensível, desconsiderando o armazenamento e difusão de umidade nos sistemas construtivos. Os arquivos climáticos utilizados (TRY) foram elaborados a partir de dados horários, registrados em estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) entre 2000 e 2010.

As simulações realizadas consideraram e edificação na zona bioclimática brasileira ZB2, na qual a cidade de São Leopoldo está inserida, de acordo com a NBR 15220-3 (ASSOCIAÇÃO..., 2005). Como a cidade não possui dados climáticos para possibilitar a simulação térmica, os dados climatológicos adotados são da cidade de Santa Maria/RS, cidade localizada na ZB2. Considerou-se que todas as janelas possuíam 50% de abertura, de modo que se pudesse verificar a influência da estratégia de ventilação cruzada no resfriamento da edificação. No que se refere ao nível de absortância da superfície dos sistemas construtivos, adotou-se 0,3 (cores claras) para as paredes rebocadas e 0,5 (cores médias) para as paredes de tijolo à vista e sistema de cobertura. Para as esquadrias sem abertura e para a porta, foi adotado o nível de absortância de 0,9 (cores escuras).

O padrão de ocupação utilizado foi trinta usuários por sala, sendo que a atividade desenvolvida pelos usuários foram baseadas na ISO 7730 (2005), definindo-se 60 W/m² para a sala.

3.4 Critérios para análise dos resultados

3.4.1Desempenho térmico

Para análise dos resultados obtidos nas simulações utilizaram-se algumas metodologias amplamente empregadas neste tipo de estudo. A análise do desempenho térmico foi realizada pela avaliação das temperaturas mínimas e máximas atingidas e classificadas através do método definido pela norma NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2013), destinado a ambientes de permanência prolongada e não ocupada. De acordo com a referida norma, a avaliação deve ser feita para um dia típico de projeto de inverno e de verão e os valores da temperatura interna resultante das simulações são comparados com a temperatura externa. No verão o valor máximo diário da temperatura do ar interno deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário de temperatura do ar externo. Para o inverno os valores mínimos diários da temperatura do ar interno devem ser sempre maiores que o valor de temperatura máxima mínima do ar externo, acrescida de 3°C.

Para esta análise, a simulação deve ser realizada com ventilação natural (1 renovação por hora), sem fontes de calor, ou seja, sem ganhos térmicos.

3.4.2 Conforto térmico

De forma complementar à classificação da ABNT NBR 15575-1/2013, realizou-se uma avaliação dos dados através de métodos de conforto térmico, em unidades de permanência prolongada, verificando se as modificações realizadas apresentam impacto no conforto térmico da edificação. O índice de conforto utilizado é baseado na equação desenvolvida por Auliciems. Por apresentar melhor adequação às condições de climas tropicais úmidos, a variável utilizada é a temperatura operativa. A temperatura de conforto térmico é obtida a partir da Equação 1. Como não há definição de zonas de conforto do modelo de Auliciems (1981) foram adotados os valores apresentados na Tabela 1.

$$Tn = 0{,}314 \cdot T + 17{,}6\ ºC \qquad \text{Equação 1}$$

Onde: Tn: temperatura de conforto ou de neutralidade; e, T: temperatura média mensal externa.

Tabela 1. Valores de classificação da temperatura do ar em função da sensação térmica.

FAIXA DE TEMPERATURA	SENSAÇÃO TÉRMICA	PADRÃO ADOTADO
T < Tn – 4 ºC	Desconforto por frio	
T < Tn – 2 ºC	Pouco frio	
Tn – 2 ºC < T < Tn + 2 ºC	Zona de conforto	
T > Tn + 2 ºC	Pouco calor	
T > Tn + 4 ºC	Desconforto por calor	

Obs.: T: temperatura média mensal horária; Tn: temperatura média calculada.
Fonte: Pereira, de Assis (2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho térmico

Com a análise dos dados obtidos nas simulações e com a adoção dos limites correspondentes à zona bioclimática ZB2, apresenta-se na Tabela 2 o nível de desempenho e as temperaturas externas e internas para o dia típico de verão e de inverno obtidas através da simulação.

Verifica-se que todas as condições analisadas para o inverno, o desempenho mínimo estabelecido pela norma foi atingido. A sala central atendeu ao nível intermediário para todas as situações, com exceção da simulação realizada sem o sombreamento dos pilares. As salas

localizadas nas extremidades leste e oeste da edificação apresentaram comportamento similar, com acréscimo de temperatura de aproximadamente 0,3°C nas salas do lado leste. Isso pode estar relacionado com o maior tempo de incidência solar nestas salas ao longo do dia, devido a maior área de faces expostas, o que melhora o seu desempenho no inverno. Com relação às situações analisadas, as simulações 3 e 4 apresentaram um maior valor de temperatura em todas as salas, sendo que nestas simulações não foram consideradas as esquadrias na fachada norte da edificação, o que aumenta o isolamento térmico da mesma e reduz a área de ventilação do ambiente. Aparentemente, o sombreamento dos pilares não teve influência sobre a variação de temperatura (simulação 2) e o aumento das esquadrias na fachada norte (simulação 5) apresentou a menor diferença de temperatura em todas as salas, tendo em vista que fontes internas de calor não são consideradas na simulação.

Tabela 2. Resultados da análise do nível de desempenho térmico

DIA		Temp. EXT.	SIM.	SALA OESTE			SALA CENTRAL			SALA LESTE		
				Temp. Int.	Dif. (*)	Des. (**)	Temp. Int.	Dif. (*)	Des. (**)	Temp. Int.	Dif. (*)	Des. (**)
Inverno	29/Jun. 24:00	10,3	1	15,2	4,9	M	15,6	5,1	I	15,2	4,9	M
			2	15,2	4,9	M	15,2	4,9	M	15,2	4,9	M
			3	15,2	4,9	M	15,4	5,1	I	15,3	5,0	M
			4	15,2	4,9	M	15,4	5,1	I	15,3	5,0	M
			5	15,2	4,9	M	15,3	5,0	I	15,2	4,9	M
Verão	17/Jan. 16:00	32,1	1	32,0	-0,1	M	32,0	-0,1	M	32,3	0,2	N/A
			2	32,0	-0,1	M	32,0	-0,1	M	32,3	0,2	N/A
			3	31,8	-0,3	M	31,8	-0,3	M	32,1	0,0	N/A
			4	31,8	-0,3	M	31,8	-0,3	M	32,1	0,0	N/A
			5	32,2	0,1	N/A	32,2	0,1	M	32,4	0,3	N/A

(*) refere-se à diferença entre a temperatura interna e a temperatura externa para o dia avaliado.
(**) Des. = Nível de desempenho; M = Mínimo; I = Intermediário; N/A = Não atende a nenhuma classe
Obs.: temperaturas em °C

Para o verão, a sala leste não atendeu ao nível mínimo especificado pela norma em nenhuma das situações analisadas, enquanto que a sala central atendeu ao nível mínimo em todas as situações. A sala situada na extremidade oeste da edificação apresentou nível mínimo de desempenho para todas as situações analisadas, com exceção da situação 5 (sem o sombreamento dos pilares e com as janelas da fachada norte no mesmo tamanho das janelas da fachada sul). Similarmente ao disposto anteriormente, isso pode estar relacionado com a maior área de exposição direta da radiação no interior da edificação, que prejudica o seu desempenho no inverno. No que se refere aos valores de temperatura obtidos, a sala central foi a que apresentou os menores valores de temperatura no interior da edificação, seguida pela sala oeste, o que pode estar relacionado com o período de exposição da edificação a radiação solar. Dentre as situações analisadas, as simulações 3 e 4 apresentaram os menores valores de temperatura em todas as salas, sendo que nestas simulações não foram consideradas as esquadrias na fachada norte da edificação, o que aumenta o isolamento térmico da mesma e reduz a área de ventilação do ambiente.

4.2 Conforto térmico

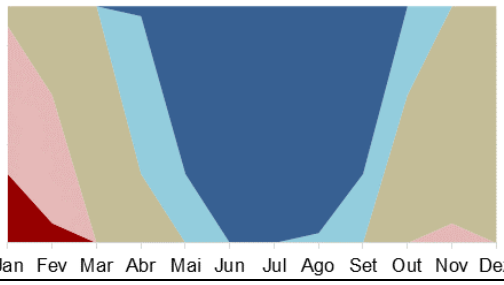
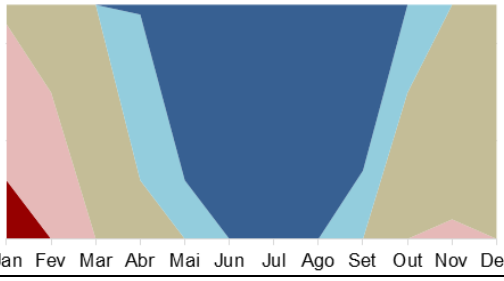
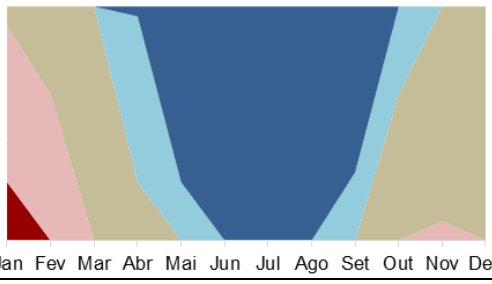
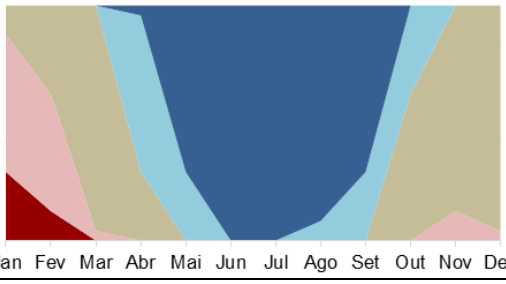
Através da avaliação do conforto térmico da edificação pelo método de conforto adaptativo de Auliciems, foi possível verificar o impacto das modificações no conforto térmico do usuário, apresentados no Quadro 3. Através da análise dos dados, foi possível perceber que as diferenças

entre as simulações das combinações de situações apresentaram sutis diferenças. Observou-se que a exclusão do sombreamento das esquadrias (simulação 2) não apresentou diferenças quando comparada com a situação 1.

Houve um sutil aumento do conforto térmico da edificação durante o período de verão nas situações 3 e 4, verificando-se a menor ocorrência de desconforto por calor. Entretanto, estas situações também apresentaram um pequeno aumento do desconforto térmico no inverno. Isto ocorre devido a redução da ventilação, evitando a entrada de ar quente no verão e de ar frio no inverno. Entretanto, a ventilação no verão gera uma maior sensação de conforto térmico para o usuário, não apenas no aumento ou redução da temperatura, visto que ampliam a troca de calor do indivíduo com o meio, tanto na condução e convecção, quanto na transpiração. Este fato pode ainda ocorrer devido ao aumento da inércia térmica, visto que as superfícies opacas possuem inercia térmica maior que as superfícies translúcidas.

A situação de simulação 5 (sem sombreamento dos pilares e com as janelas da fachada norte no mesmo tamanho das janelas da fachada sul), apresenta um aumento do desconforto térmico no verão, devido ao aumento da entrada de calor por meio de irradiação solar através dos elementos translúcidos. Consequentemente, o conforto térmico no inverno é ampliado.

Quadro 3. Resultados da análise do nível de conforto térmico

SIMULAÇÃO	
1 e 2	3
	
4	5
	

Verifica-se que, para todas as simulações realizadas, a sala central é a que apresenta o melhor desempenho, seguida pela sala na extremidade o oeste. Isso pode estar relacionado com o maior tempo de incidência solar nestas salas ao longo do dia, devido a maior área de faces expostas, o que melhora o seu desempenho no inverno. Com relação às situações analisadas, as simulações 3 e 4 apresentaram os melhores resultados em todas as salas, sendo que nestas simulações não foram consideradas as esquadrias na fachada norte da edificação, o que aumenta o isolamento térmico da mesma e reduz a área de ventilação do ambiente. O uso dos pilares como forma de

sombreamento não apresentou nenhuma influência sobre a variação de temperatura. O aumento das dimensões das esquadrias na fachada norte resultou nos piores resultados de desempenho dentre as situações analisadas.

5. CONCLUSÃO

As simulações térmicas foram realizadas para avaliar a eficiência das estratégias de projeto no desempenho térmico de uma edificação composta por três salas de aula. Foram avaliadas 5 combinações da edificação, de modo a verificar a eficiência de cada uma das estratégias e a sua combinação. Os sistemas construtivos empregados na edificação são considerados convencionais e consistem em paredes de alvenaria com revestimento argamassado, cobertura com laje de concreto armado e cobertura em telhas de fibrocimento. As simulações realizadas consideraram apenas a zona bioclimática brasileira ZB2, onde a edificação está inserida.

O critério para análise dos resultados estabelecido pela norma de desempenho se mostrou mais adequado para avaliar o desempenho térmico da edificação. Pode-se concluir ainda que a utilização de janelas na fachada sul foi a estratégia de projeto que resultou nos melhores níveis de desempenho e que a edificação poderia ter um melhor desempenho térmico se as janelas na fachada norte não existissem. No entanto, ainda seria necessário aplicar alguma solução para melhorar o desempenho da sala na extremidade leste no verão, que não atendeu ao nível mínimo.

Os índices de conforto térmico adaptativo possuem restrições na determinação do conforto térmico. Contudo, seu uso para a análise de estratégias passivas de conforto permite um estudo mais aprofundado da edificação durante as fases de projeto, principalmente se aliadas a outros métodos de desempenho e conforto térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. Eficiência energética em habitações de interesse social. Caderno 9. Brasília: Ministério das Cidades/Ministério de Minas e Energia, 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Avaliação do desempenho térmico e energético de edificações e projetos. Disponível em: < www.ipt.br> Acesso em: outubro de 2016.

FERREIRA, C. C.; SOUZA, H. A. de. Avaliação da aplicabilidade de índices de conforto adaptativo para o caso brasileiro. In.: XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, VIII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Anais ..., Brasilia, 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW Editores, 2014.

OKEIL, A. A holistic approach to energy efficient building forms. Energy and Buildings, v. 42, n. 9, p. 1437-1444, abr. 2010.

PIRES, J. R. Investigação da viabilidade da redução do consumo de energia elétrica em edificações residenciais através da aplicação de soluções de conforto ambiental passivo. São Leopoldo, 2013. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduaçao em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2013.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

TORRES, M. C. A eficiência energética em edificações. Notas de Aula: Curso de Especialização em Construção Civil. São Leopoldo, Unisinos, outubro/novembro, 2011.

346. IMPACTOS DA CERTIFICAÇÃO LEED NO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL – ESTUDO DE CASO

BALEN, Allana Wendling[1](allanabalen@hotmail.com; MEDEIROS, Daniel Reis[2] (drmedeiros@unisinos.br)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
[2]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Edificações concebidas de forma sustentável são projetadas para criar ambientes saudáveis e produtivos utilizando os recursos naturais de maneira eficiente. Buscando agregar valor a esse novo conceito de construção surgiu o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) que confere certificação e orientação ambiental para essas edificações. Tendo em vista que os padrões requeridos para esta certificação ainda são novos para a realidade brasileira e que essa preocupação com a sustentabilidade tem despertado o interesse de investidores e construtores no Brasil, torna-se importante uma análise dos impactos dessa escolha em todo o processo de gerenciamento e custo de uma construção. Neste contexto, o presente trabalho teve como foco o estudo de caso de uma edificação comercial, de alto padrão, localizada na cidade de Porto Alegre, RS, que objetiva ser certificada LEED Core & Shell nível Gold. Com o intuito de avaliar os impactos decorrentes da aplicação deste protocolo ao processo de gerenciamento dos projetos e construção, foram avaliadas, por meio de tabelas, as cinco principais categorias de aquisição de pontos quanto aos custos incorridos e as atividades realizadas. Paralelo a isso, foi aplicado um questionário aos profissionais mais atuantes no sistema com o objetivo de avaliar as percepções dos mesmos quanto a aplicação do protocolo LEED. O percentual de acréscimo ao custo total da obra devido a aplicação das diretrizes foi de 2,64%. Já com relação aos questionários, foi possível evidenciar que as modalidades de projeto que mais sofreram impacto foram as ligadas aos requisitos referentes à eficiência energética e utilização da água, os quais representam aproximadamente 48% dos custos apropriados à certificação LEED. A necessidade de comunicação eficiente e de um comprometimento entre todas as partes envolvidas é um item decisivo para edificações que esperam obter sucesso no processo de certificação.
Palavras-chave: LEED; Certificação; Sustentabilidade; Gerenciamento.

IMPACTS OF LEED CERTIFICATION IN A COMMERCIAL BUILDING MANAGEMENT PROCESS – A CASE STUDY

ABSTRACT
Buildings conceived in a sustainable way are designed to create healthy, productive environments using natural resources efficiently. In order to add value to this new concept of construction, the LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) has been created to provide certification and environmental guidance to these buildings. Considering that the standards required for this certification are still new for the Brazilian reality and the concern with sustainability has aroused the interest of investors and builders in Brazil, it is important to analyze the impacts of this choice in the entire process of management and cost of a construction. In this context, the present work focuses on a high standard commercial building located in the city of Porto Alegre, RS, aiming to be

certified LEED Core & Shell Gold level. In order to evaluate the impacts resulting from the application of this protocol to the project and construction management process, the five main categories were evaluated in terms of cost addition. Parallel to this, a questionnaire was applied to the most active professionals in the system with the objective of evaluating their perceptions regarding the application of the LEED protocol. The percentage of increase to the total cost of the work due to the application of the guidelines was 2.64%. Regarding the questionnaires, it was possible to show that the most important project modalities were those related to energy efficiency and water use requirements, which represent approximately 48% of the LEED certification costs. The need for efficient communication and commitment among all parties involved is a critical item for buildings hoping to be successful in the certification process.
Keywords: LEED; Certification; Sustainability; Management; Tema 3.

1. INTRODUÇÃO

Tendo a consciência de que os desenvolvimentos econômico e ambiental estão interligados, os profissionais envolvidos na construção civil devem garantir a redução dos impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade por meio da implantação de medidas que auxiliam no desenvolvimento sustentável durante o projeto e a construção de edificações (BARROS, 2012). Assim, a construção sustentável mostra-se capaz de trazer benefícios ambientais, econômicos e sociais. Johnson (2005) cita as seis práticas fundamentais para a construção sustentável, sendo elas: escolha correta do local, redução do uso de energia, proteção e conservação da água, utilização de produtos com menor impacto ambiental, aumento da qualidade dos ambientes internos e redução dos impactos energéticos e ambientais de operação e manutenção dos edifícios.

Leite (2011) ressalta que o desenvolvimento e a aplicação dessas medidas envolvem mais planejamento e gestão, o que acaba por tornar essas edificações mais produtivas, rentáveis e evoluídas em termos de técnica construtiva e processo gerencial. As mudanças no setor da construção civil constituem novos desafios, pois afetam não só a metodologia e os materiais utilizados, mas também todo o processo de gestão desde a fase de planejamento até sua demolição (JOHNSON, 2005). Com o crescente interesse e a procura pelo alcance de uma sociedade sustentável, a necessidade de informações relacionadas ao meio ambiente fica cada vez maior. Por esse motivo percebe-se um aumento na busca por metodologias de avaliação ambiental (FORSBERG; VON MALMBORG, 2004). Nesse contexto, surgiram os processos de certificação que visam organizar, direcionar e atender aos parâmetros ambientais definidos para que uma edificação seja considerada sustentável (LEITE, 2011).

A partir dessa necessidade, desenvolveu-se, nos Estados Unidos, o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), um sistema de certificação e orientação ambiental internacional utilizado em diversos países. (EY AND GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2013). O sistema LEED busca fornecer um padrão reconhecido na indústria da construção civil para avaliar a sustentabilidade ambiental das construções. O sistema promove o conceito de projeto integrado a todo o edifício, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental das edificações (ELLIS, 2009).

Edifícios sustentáveis normalmente utilizam um processo de projeto integrado o qual utiliza uma equipe multidisciplinar de profissionais da construção que trabalham em conjunto, desde a fase de pré-projeto até a pós-ocupação, para otimizar o edifício no que tange a sustentabilidade ambiental, desempenho e redução de custos. A premissa do projeto integrado é de que os edifícios são considerados sistemas interligados ou interdependentes, cada qual com algum efeito sobre outros sistemas (LUCUIK et. al., 2005).

Nesse mesmo contexto, Amaral (2013) discute que em construções tradicionais os projetistas recebem os projetos e cada disciplina é desenvolvida separadamente para, então, ser compatibilizada. Já na construção sustentável, todo esse esforço deve ser conjunto, em equipe, pois é necessário que desde o começo do processo os profissionais de cada área envolvida discutam as premissas do projeto e se mantenham atualizados e alinhados. Ainda de acordo com Amaral (2013), a construção sustentável necessita de conhecimentos que ultrapassam a experiência de cada profissional e, por isso, torna-se tão importante haver interação entre todos os participantes do processo.

As metodologias de avaliação são úteis ao gerenciamento dos projetos. No entanto, por necessitarem de muita atenção e documentação, elas podem tornar o processo mais demorado e trabalhoso aos projetistas (RODRIGO; MELHADO; CARDOSO, 2009). De acordo estes mesmos autores, a implementação da certificação LEED modifica algumas premissas da gestão do processo de projeto como, por exemplo, os aspectos organizacionais e de relacionamentos com o cliente. A coordenação de projetos acaba por ser a área que sofre maior impacto em suas atividades quando se opta pela certificação LEED, pois fica a cargo dos coordenadores transmitirem aos projetistas e demais membros das equipes os requisitos de projeto que devem ser cumpridos, além de coordenar as novas interfaces.

Uma análise feita por Kats (2003) com 33 edifícios sustentáveis dos EUA buscou avaliar o custo da construção sustentável em comparação com projetos convencionais para esses mesmos edifícios. O resultado obtido mostrou que o valor médio representa um acréscimo de pouco menos de 2% no incremento de custos, quando comparado a empreendimentos tradicionais, valor substancialmente menor do que é comumente atribuído a empreendimentos certificados. A maior parte deste custo é devido ao aumento do tempo de projeto e ajuste dos custos e ao tempo necessário para integrar práticas de construção sustentável nos projetos. Nesse estudo, o autor concluiu que o quanto antes for feita a tomada de decisão, menores serão os custos relacionados com a sustentabilidade das edificações.

Dunbar, Mapp e Nobe (2011) realizaram um estudo avaliando o custo de bancos construídos com certificação LEED e sem certificação LEED. Nesse estudo foram avaliados quatro parâmetros: preço total, preço por área, custos indiretos e custos diretos. Com relação aos custos utilizados para gerir o processo de certificação LEED, estimou-se um gasto de US$ 10.000 por projeto, sendo que quando comparados ao custo total das obras estes resultados demonstram que é possível obter a certificação LEED com custos adicionais mínimos. Os resultados desse estudo demonstraram que em todas as comparações os projetos LEED estavam dentro da faixa de custo de construção total para todos os projetos não-LEED demonstrando apenas pequenas diferenças. O estudo também mostrou que, na medida em que a equipe de projeto adquiria mais experiência com os requisitos do LEED, houve uma redução nos custos associados com a certificação. Concluiu-se que o custo adicional poderia gerar entre 2 a 3% para os custos totais da construção e menos de 2% para o custo total do projeto.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar os impactos em projeto, gerenciamento e custos causados pela decisão de se certificar uma edificação comercial de alto padrão utilizando o referencial LEED. Como objetivos específicos, pretende-se avaliar os impactos da decisão pela certificação LEED em termos de alterações nos projetos de instalações; expor as dificuldades encontradas pelos projetistas e pela construtora para o atendimento dos parâmetros requeridos pela certificação LEED; verificar os impactos relacionados aos itens que garantem eficiência

energética como sistemas de fachadas, iluminação e climatização; avaliar os custos gerados na fase de construção por essa decisão em relação ao custo total da obra.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O projeto da edificação comercial utilizado como base para o estudo de caso proposto compõe-se de três subsolos, pavimento térreo, seis pavimentos tipo e mezanino. A área total do empreendimento é de 14.821,20 m^2. Os impactos causados pela decisão de se obter a certificação LEED (que de fato foi buscada pelo empreendimento) foram avaliados em termos de projeto, gerenciamento e custo. Para isso foram analisadas cinco categorias: Espaço Sustentável, Eficiência do Uso racional da Água, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos e Qualidade Ambiental Interna. Tal classificação foi escolhida por ser a mesma utilizada nas planilhas propostas pelo referencial da certificação. Nesse contexto foram levantados todos os pré-requisitos e créditos que compunham cada categoria e, consequentemente, os pontos adquiridos em cada um deles. A partir de uma tabela, foram apresentadas as descrições dos créditos e pré-requisitos, as estratégias sugeridas para a aquisição dos pontos, as medidas incorporadas ao empreendimento, tanto na fase de projeto quanto na fase de construção, e o custo agregado ao orçamento final de cada uma dessas estratégias no que tange a fase de projetos e construção. Vale ressaltar que tanto os custos indiretos, com assessoria, caracterização de planos e mão de obra, quanto os custos diretos, aplicados na fase da construção do empreendimento, foram contabilizados.

Os custos apropriados a cada uma das estratégias propostas foram levantados a partir dos dados fornecidos pela empresa construtora e por fornecedores que atendem a edificação. Foram considerados os custos referentes a certificação LEED contabilizando quando necessário apenas a diferença entre a opção que atenderia e a que não atenderia as diretrizes da certificação.

Em relação às mudanças que a certificação implica no processo de gerenciamento, foi proposta a aplicação de um questionário a alguns dos componentes considerados “peças-chave” no processo de consolidação do empreendimento em questão. As perguntas foram elaboradas com o objetivo de analisar as partes do processo que mais sofrem mudanças pela certificação e avaliar as maiores dificuldades e a percepção que cada um desses componentes possui do protocolo LEED. Para responder o questionário foram escolhidos o coordenador de projetos da construtora responsável pelo gerenciamento da obra, um representante do escritório de arquitetura responsável pela compatibilização dos projetos, o projetista das instalações elétricas, hidrossanitárias, PPCI (Plano de Prevenção e Protenção contra Incêncio) e climatização, o projetista do projeto luminotécnico e o consultor ambiental para o canteiro de obras.

As perguntas feitas a cada um dos componentes foram: (a) Quais as dificuldades enfrentadas, quanto ao cumprimento dos créditos/pré-requisitos dentro da sua modalidade, na busca pela certificação? (b) Você já possuía conhecimento sobre a certificação LEED? (Já havia trabalhado em algum outro empreendimento que buscava a certificação?). (c) Pergunta apenas para projetistas – Houve impacto no custo (projetos, horas de trabalho, equipe, materiais...) da sua modalidade de projeto? Se sim, seria possível descrever as causas). (d) O que você considera importante ressaltar no processo de certificação LEED proposto pelo GBC (Green Building Council)? (Relatar suas impressões sobre a certificação LEED).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira categoria analisada foi a do Espaço Sustentável. Essa categoria representa 0,27% do total previsto para acréscimo no orçamento global, sendo que o item com maior representatividade

foi o Pré-Requisito 1, responsável por 51,85% do total da categoria. Obtiveram-se 23 pontos na categoria Espaço Sustentável. Na Tabela 1 apresenta-se um resumo sobre essa categoria a partir dos requisitos pretendidos.

Tabela 1: Categoria Espaço Sustentável

Item	Pts	MEDIDAS INCORPORADAS AO ESCOPO DA OBRA	CUSTO AGREGADO
Pré-req.1		Plano de controle de erosão e sedimentação e medidas de controle	R$ 60.980,68
Crédito 1	1	O terreno está localizado em uma região consolidada.	sem custo
Crédito 2	5	O empreendimento encontra-se em uma região comercial com diversas opções dentro do raio de exigência.	sem custo
Crédito 4.1	6	O entorno possibilita acesso ao transporte público	sem custo
Crédito 4.2	2	Bicicletário para 17 bicicletas e vestiário com chuveiros.	R$ 12.985,00
Crédito 4.3	3	Inclusão de 14 vagas para veículos que utilizam tecnologias eficientes e limpas. (sinalização)	Sem custo
Crédito 5.1	1	É necessário preservar com plantas nativas e adaptadas uma área próxima a 670m² – como o terreno não contempla muitas áreas verdes prever telhado verde (requisito da prefeitura 535m² de área verde – contabilizando 707,25m²)	R$ 44.179,78
Crédito 5.2	1	Implantação de telhado verde ultrapassando 25% de área permeável.	Incluído no crédito 5.1
Crédito 6.1	1	O terreno possui uma área impermeabilizada superior a 50%. Assim o projeto deve diminuir o volume de runoff em 25%. Telhado verde + legislação de Porto Alegre.	Incluído no crédito 5.1
Crédito 7.1	1	Mais de 50% das vagas de estacionamento são subterrâneas+ telhado verde	Incluído no crédito 5.1
Crédito 7.2	1	Implantação de telhado verde em toda a área da cobertura (custo com sistema de irrigação + vegetação)	Incluído no crédito 5.1
Crédito 9	1	Desenvolvimento de documentação para os inquilinos	Sem custo.

A categoria Uso Racional da água representa 0,11% do custo no orçamento da obra e resulta na obtenção de 7 pontos nessa categoria. A partir da Tabela 2 apresenta-se um resumo sobre essa categoria a partir dos requisitos pretendidos.

Tabela 2: Categoria Uso Racional da Água

Item	Pts	MEDIDAS INCORPORADAS AO ESCOPO DA OBRA	CUSTO AGREGADO
Pré-req. 1		Utilização de equipamentos de baixo consumo (torneiras com temporizador).	Diminuição do custo da proposta arquitetônica original.
Crédito 1	4	O projeto paisagístico deverá utilizar plantas nativas e adaptadas que não necessitem de irrigação. Não haverá irrigação.	sem custo – projeto de paisagismo.
Crédito 3	3	Utilização de aparelhos sanitários eficientes e utilização de águas da reúso (reservatório + tratamento).	R$ 47.840,00

Em relação à categoria Energia e Atmosfera, é importante também considerar um aumento nos sistemas elétricos, pois em edificações comuns interruptores dimerizados acionados por sensores são pouco utilizados, proporcionando uma simplificação dos quadros elétricos. Vale ressaltar que tais medidas buscaram atender não só ao Pré-Requisito 2 mas também o Crédito 1. Entretanto, resultaram nas medidas que mais causaram impacto ao orçamento, sendo responsáveis por 1,12% do total apropriado para todas as categorias.Essa categoria representa 1,25% do total previsto no orçamento da obra, sendo que os itens com maior representatividade foram o Pré-Requisito 2 em conjunto com o Crédito 1. Obtiveram-se 11 pontos na categoria Energia e Atmosfera. Na Tabela 3 são apresentadas as informações referentes a esta categoria.

Tabela 3: Categoria Energia e Atmosfera

Item	Pts	MEDIDAS INCORPORADAS AO ESCOPO DA OBRA	CUSTO AGREGADO
Pré-req.1		Comissionamento	R$ 54.866,67
Pré-req. 2		Tipo de vidro (teste de vidro) + peitoril interno para fachadas envidraçadas, reduzir pelo menos 30% a potência instalada de iluminação, aproveitamento de iluminação natural	R$ 497.794,43
Pré-req. 3		Compra de máquinas que não utilizem CFC (Cloro Flúor carbono) para refrigeração.	Sem custo.
Crédito 1	9	Tipo de vidro + peitoril interno para fachadas envidraçadas, reduzir a potência instalada de iluminação, aproveitamento de iluminação natural (fotossensores e dímers), sistema eficiente sem uso COV (Compostos Orgânicos Voláteis).	Atendido no Pré-Requisito 2
Crédito 6	2	Compra de RECs (Renewable Energy Certificate) de outros países	R$ 2.387,90

A categoria Materiais e Recursos representa 0,28% do total previsto no orçamento da obra, sendo que o item com maior representatividade foi o Crédito 6. Obtiveram-se 7 pontos nessa categoria. Na Tabela 4 apresenta-se um resumo sobre a categoria.

Tabela 4: Categoria Materiais e Recursos

Item	Pts	MEDIDAS INCORPORADAS AO ESCOPO DA OBRA	CUSTO AGREGADO
Pré-req. 1		Como Porto Alegre possui coleta seletiva 2 vezes na semana; a área a ser incluída no projeto é de 13m^2, incluir também lixeiras nos andares para descarte temporário dos resíduos.	R$ 4.572,50
Crédito 2	2	PGRCC (Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil) + contratação de empresas de coleta e destinação com licença ambiental, colocação de lixeiras, construção de baias, disposição dos resíduos referentes a demolição e reciclagem, mão de obra, sinalização.	R$ 40.135,86
Crédito 4	2	Identificar os materiais de maior impacto no custo da obra e exigir declaração dos fabricantes indicando a porcentagem de material reciclado	Sem custo.
Crédito 5	2	Compra de materiais regionais (listar materiais)	Sem custo.
Crédito 6	1	100% da compra da madeira será de reflorestamento (preço comparado com a madeira que nao tem selo FSC – Florest Stewardship Council)	R$ 78.158,00

Tabela 5: Categoria Qualidade do Ar Interno

CR e PR	PTS	MEDIDAS INCORPORADAS AO ESCOPO DA OBRA	CUSTO AGREGADO
Pré-req. 1		Para o pavimento tipo e coberturas as tomadas de ar deverão ser individualizadas e as tomadas de ar externo ocorrerão nas duas faces do edifício.	Sem custo; Resolução Anvisa
Pré-req. 2		A Lei Municipal n. 555/2006 proíbe o fumo em recinto coletivo fechado.	Proibição prevista em Lei
Crédito 2	1	Os projetos devem garantir que as taxas de ar externo sejam 30% superiores as da norma ASHRAE 62.1-2007. Garantir por simulação ou cálculos (ventilação mecânica).	Sem custo; Resolução Anvisa
Crédito 3	1	Desenvolvimento do Plano de controle da qualidade do ar	R$ 108.246,31
Crédito 4.1	1	Compra de materiais que atendam aos limites de COV	R$ 7.200,00
Crédito 4.2	1	Compra de materiais que atendam aos limites de COV	R$ 21.252,41
Crédito 6	1	Projeto arquitetônico (fachada) que contenha janelas operáveis nos ambientes.	Já havia sido previsto no projeto original.
Crédito 8.1	1	Desenvolver simulação computacional para avaliar o projeto arquitetônico – prever vidros e incluir brise e ou persianas para proteção contra ofuscamento.	Incluso no preço da assessoria LEED.

A última categoria analisada e apresentada na Tabela 5 chama-se Qualidade do Ar Interno e tem o seu foco centrado na qualidade ambiental interna do ar, incentivando a escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorizando os espaços que utilizam iluminação natural. Essa categoria representa 0,31% do total previsto no orçamento da obra, sendo que o item com maior representatividade foi o Crédito 3. Obtiveram-se 6 pontos na categoria Qualidade do Ar Interno.

Como se pode observar, a quantidade de pontos a conquistar não possui relação direta com os custos para cada categoria. Conforme resumido na Tabela 6, a categoria Energia e Atmosfera representa 1,25% de aumento no orçamento global e confere apenas 11 pontos, já a Categoria Espaço Sustentável representa 0,27% do aumento e é responsável por garantir 23 pontos dos 60 necessários para a certificação nível Gold.

Tabela 6: Resumo: Custos x Pontos a Conquistar

Categoria	% do Custo Total	Pontos a conquistar
Espaço Sustentável	0,27%	23
Uso Racional da Água	0,11%	7
Energia e Atmosfera	1,25%	11
Materiais e Recursos	0,28%	7
Qualidade Interna do Ar	0,31%	6
Custos com decumentação e assessoria	0,42%	
TOTAL	2,64%	54

Salles (2013) também analisou o impacto causado nos custos de implantação de uma edificação comercial dividindo-os nas categorias estabelecidas pelo USGBC (United States Green Building Council). O estudo foi realizado com base em um empreendimento comercial de alto padrão com área bruta rentável de aproximadamente 60.000m^2 localizado na cidade de São Paulo. Na época da construção, a versão vigente para LEED CS era a 2.0, porém a autora realizou a correspondência dos pontos para a versão atual 2009. Obtiveram-se 75 pontos também resultando na certificação nível Gold. A Tabela 7 demonstra o comparativo entre os resultados obtidos no presente trabalho e os dados retirados da literatura.

Tabela 7: Comparativo Literatura x Estudo

CATEGORIA	SALLES (2013)	Estudo	SALLES (2013)	Estudo
	Custos %		Pontos	
Espaço Sustentável	0,76%	0,27%	27	23
Uso Racional da Água	0,22%	0,11%	7	7
Energia e Atmosfera	2,17%	1,25%	16	11
Materiais e Recursos	0,01%	0,28%	7	7
Qualidade Interna do Ar	0,55%	0,31%	9	6
Custos com Documentação e Consultoria	0,22%	0,42%	0	0
	3,94%	2,64%	66	54

A diferença de percentual total entre a literatura utilizada para o comparativo e os resultados do presente estudo foi de 1,3%. É importante, porém, perceber que o número de pontos conquistados pela edificação avaliada por Salles (2013) superou em 12 pontos a edificação analisada no presente estudo.

Com relação aos resultados totais obtidos por outros autores, pode-se perceber que a avaliação realizada encontra-se dentro dos resultados obtidos na literatura. Cardoso, Melhado e Rodrigo (2009), em estudo realizado com duas edificações – uma localizada na cidade de São Paulo e outra em Madri –, concluíram que o custo para a construção em São Paulo varia de 4% a 9% dependendo do nível da certificação desejado, enquanto que em Madrid este cálculo resultou em 2,2% para certificação nível Gold. Kats (2003) defende a porcentagem média de aproximadamente 2% de aumento nos custos. Já Dunbar, Mapp e Nobe (2011) constataram um aumento de 2% a 3% em seu estudo realizado em bancos, e Ellis (2009) constatou um aumento de 0% a 2% para a certificação nível básico de edificações e até 7% para atingir o nível Platina.

Em relação aos impactos da Certificação LEED apontados pelos profissionais envolvidos no projeto, destaca-se que, para a equipe de coordenação de projetos da construtora, os impactos da certificação apresentam desafios quanto à conciliação dos diferentes profissionais responsáveis pelas modalidades de projeto que devem interagir e, muitas vezes, modificar seus projetos e metodologias de trabalho em prol da busca pela eficiência da edificação. Além disso, a fiscalização dentro do canteiro de obras, que visa garantir que as premissas estabelecidas como estratégia de aquisição de pontos sejam cumpridas, tem demonstrado ser um desafio, principalmente com relação à área de manejo ambiental que é coordenada pelo consultor ambiental em conjunto com a equipe de produção da construtora. A velocidade na execução das tarefas na linha de produção foi apontada pela consultora como principal motivo de falhas nos

processos gerenciados dentro do canteiro de obras e, por isso, a conscientização incentivada pelos treinamentos das equipes torna-se tão importante.
Para a equipe de arquitetura, a necessidade de um maior detalhamento dos projetos e de uma equipe mais preparada para entender as estratégias e conciliá-las ao conceito arquitetônico escolhido foi apontado como principal fator de aumento nos custos de projeto. Em contrapartida, o escritório demonstrou ter consciência de que a certificação LEED acaba por buscar a excelência dos projetos causando impactos positivos na edificação, trazendo não só retorno financeiro para o cliente como também benefícios aos futuros usuários.

5. CONCLUSÃO

Com relação às dificuldades encontradas pelos projetistas para alcançar os parâmetros LEED, as modalidades que mais sofreram impacto foram as ligadas aos créditos referentes à eficiência energética e utilização da água. Tais projetos passaram por uma série de revisões até serem aprovados pela empresa de consultoria, responsável por garantir a conquista dos pontos. Diversas vezes os projetos não estavam claros ou não incluíam informações necessárias para a avaliação do cumprimento ou não das diretrizes. O projeto luminotécnico, apesar da equipe responsável possuir conhecimento sobre a certificação LEED, teve diversos problemas no alinhamento entre diretrizes *versus* estética e apresentou esse como sendo o seu maior desafio. Os projetos elétricos, hidráulicos e de climatização foram projetados pela mesma empresa e, talvez, a alta demanda de trabalho tenha sido um dos motivos pelos quais o número de revisões para a sua adequação aos sistemas de fachadas, projeto luminotécnico e drenagem superficial foram tão elevados. O tempo para adequação dos projetos coordenados tanto pela equipe luminotécnica quanto pela equipe de instalações ultrapassou um ano. Conforme avaliado neste trabalho, a porcentagem de acréscimo de 2,64% ao custo total da obra foi considerada coerente quando comparado com a literatura consultada. Os valores encontrados ficaram entre 2% a 9%, sendo os percentuais mais elevados atribuídos à busca pela certificação nível Platinum. Entretanto, como se pode observar, a porcentagem atribuída foi relativamente baixa, ficando na faixa mais próxima ao limite mínimo encontrado na literatura e, por isso, torna-se importante salientar que tal resultado foi obtido através da avaliação de uma única edificação, podendo não retratar uma realidade nacional. Seria necessário aplicar a metodologia a outras edificações de igual porte alocadas em ambientes similares para obter-se resultados mais confiáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, M. A. T. Green building: análise das dificuldades (ainda) enfrentadas durante o processo de certificação LEED no Brasil. Rio de Janeiro, 63 p., 2013. Dissertação (Mestrado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Rio de Janeiro.

BARROS, M. A. D. A adoção de sistemas de avaliação ambiental de edifícios (LEED e Processo AQUA) no Brasil: Motivações, benefícios e dificuldades. São Carlos, 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

DUNBAR, B.; MAPP, C.; NOBE, M. C. The cost of LEED: An analysis of the construction costs of LEED and Non-LEED Banks. Journal of Sustainable Real State – JOSRE, University of San Diego. v. 3. n. 1. 2011.

EY AND GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Sustainable Buildings in Brazil. São Paulo: EYGM Limited, 2013. 8p.

FORSBERG, A.; VON MALMBORG, F. Tools for environmental assessment of the built environment. Building and Environment. v. 39. n. 2. p. 223-228. Fevereiro 2004.

JOHNSON, B. T. Barriers to certification for LEED registered projects. Fort Collins, 90 p., 2005. Dissertação (Mestrado) – Colorado State University, Colorado.

KATS, G. The Costs and Financial Benefits of Green Buildings: A Report to California's Sustainable Building Task Force. California: United States Green Building Council, 2003. 134 p.

LEITE, V. F. Certificação ambiental na construção civil: sistemas LEED e AQUA. Belo Horizonte, 59 p., 2011. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LUCUIK, M; TRUSTY, W.; LARSSON, N.; CHARETTE, R. Report: A business case for green buildings in Canada. Canada: Morrison Hershfield, 2005. 68 p.

RODRIGO, A. G.; MELHADO, S. B.; CARDOSO, F. F. Gestão do processo de projetos e a certificação LEED: estudos de caso – São Paulo e Madrid. In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 5, p. 1-10, 2009, Recife. Anais Eletrônicos. Recife: Universidade Federal do Paraná.

SALLES, C. A. Análise dos Impactos Causados dos Custos de Implantação e de Operação de Edifícios de Escritório para Locação Devido ao Embarque de Tecnologias para a Obtenção da Certificação de Sustentabilidade LEED. São Paulo, 148 p., 2013. Monografia (Especialização) – Curso de Mba em Real Estate – Economia Setorial e Mercados, Universidade de São Paulo.

355. APLICAÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS: ANÁLISE SOBRE O PAC DO MACIÇO - FLORIANÓPOLIS, SC

CASTRO, Alessandra Rodrigues Vieira de [1](alessandra.rodrigues@cgu.gov.br);*
CASTRO JUNIOR, Orlando Vieira de[2] (orlando.castro-junior@cgu.gov.br);
[1]Discente do Curso do Pós-Graduação em Reabilitação Ambiental Arquitetônica e Urbanística Sustentável da Universidade de Brasília e Auditora Federal de Finanças e Controle da Controladoria Geral da União (Reabilita/FAU/UnB e CGU), Brasil
[2]Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará e Auditor Federal de Finanças e Controle da Controladoria Geral da União (UFCE e CGU), Brasil

** CASTRO, Alessandra Rodrigues Vieira de*

RESUMO
Está em curso, no Brasil, um programa de urbanização em áreas interesse social. Um dos municípios beneficiários desse investimento é Florianópolis, SC, com diversas localidades contempladas. Dentre essas, destaca-se o Maciço do Morro da Cruz (MMC), uma formação rochosa no centro da cidade que, desde o início do século XX, foi gradativamente ocupada pela população de baixa renda. A Controladoria-Geral da União (CGU), órgão de controle interno do Governo Federal, tem fiscalizado tais obras, aferindo a conformidade de execução em termos de especificações técnicas, precificação e prazo. Contudo, entende-se que as ações governamentais precisam abarcar paradigmas de desenvolvimento sustentável para, além de garantir um meio ambiente equilibrado, buscar a justiça social. Assim, no espaço sob intervenção foi efetuado um recorte para realizar análises de dimensão ambiental, considerando, especificamente, a presença no projeto de estratégias bioclimáticas. Quanto a esse aspecto, constatou-se que as intervenções no Maciço têm sido pontuais e incipientes. Concomitantemente, essa avaliação demonstrou a possibilidade de realização de auditorias de obras públicas considerando princípios de sustentabilidade ambiental, o que é relevante haja vista que o Estado é um dos maiores construtores do país. Logo, propõe-se a aplicação de um novo método de auditoria de obras com esse enfoque, esperando fomentar, indiretamente, a reformulação das políticas públicas vigentes no sentido do desenvolvimento sustentável. E almeja-se que os programas de urbanização possam aliar os anseios das comunidades à concepção de espaços intraurbanos com observância ao conforto ambiental.
Palavras-chave: Urbanismo Sustentável, Estratégias Bioclimáticas, Controladoria-Geral da União, Auditoria de Obras Públicas, Indicadores de Sustentabilidade.

APPLICATION OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY EVALUATION METHOD IN AUDIT OF PUBLIC WORKS: Analysis of PAC do Maciço - Florianópolis, SC

ABSTRACT
An urbanization program for areas of social interest in Brazil is currently under way, and one of the Brazilian municipalities that is benefitting from this program is Florianopolis and several of its

districts, in Santa Catarina State (SC). This study focused on Maciço do Morro da Cruz (MMC) district of Florianopolis-SC, a rocky formation within the city boundaries that was gradually occupied by lower income people in the early 20th century. The Office of the Comptroller-General (CGU), a Brazilian Government regulatory body, has been inspecting such works to guarantee their compliance with technical specifications, pricing and schedule. However, environmental sustainability paradigms need to be included in government actions to guarantee both a balanced environment and social justice of such projects. Thus, a site was selected in the MMC district for environmental dimension analyses, more specifically in terms of bioclimatic strategies within the project. In this respect, it was observed that interventions in the MMC have been punctual and incipient. Additionally, this evaluation demonstrated the possibility of auditing public works regarding environmental sustainability principles, especially of those carried out by one of the biggest builders in Brazil: the Federal State. Therefore, we proposed the application of a new auditing method of public works which could indirectly promote the reformulation of public policies toward a more sustainable development approach. Furthermore, that urbanization programs may include community needs and environmental balance to intraurban space designs.
Key words: Sustainable Urbanism, Bioclimatic Strategies, Office of the Comptroller-General, Public Works Auditing, Sustainability Indicators.

1. INTRODUÇÃO

Consoante o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, realizado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Florianópolis possui o terceiro maior Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) do país. Com um índice de 0,847, é considerado um município de alto desenvolvimento humano (PNUD, 2010). Contudo, logo no acesso à Ilha de Santa Catarina, ao lado do cartão-postal mais conhecido de Florianópolis, a Ponte Hercílio Luz, são avistados assentamentos irregulares nas encostas do Maciço do Morro da Cruz (MMC), evidenciando que tal assertiva não corresponde a uma realidade global.

O MMC é uma grande formação rochosa que vem sendo desmatada e favelizada desde a década de 1920 (TOMÁS, 2012; BARBOSA, 2010). Em 2005, tornou-se Zona Especial de Interesse Social (ZEIS). A partir de 2007, passou a sediar um amplo programa de urbanização e de provimento habitacional, o Programa de Aceleração do Crescimento do Maciço do Morro da Cruz (TOMÁS, 2012), com a parceria das esferas municipal, estadual e federal, hoje, orçado em, aproximadamente, R$ 117 milhões (MP, 2016).

A Controladoria-Geral da União (CGU) tem realizado trabalhos de auditoria nesse programa (CGU, 2014; IDEM, 2016) para aferir a compatibilidade entre projeto e execução, em termos físicos e financeiros. Todavia, é necessário que essas análises envolvam críticas sobre a sustentabilidade ambiental (BRASIL, 1993), cabendo à CGU, também, o papel de fomentar o aperfeiçoamento das políticas públicas sensibilizando os órgãos executores para a importância de adequar seus projetos na busca pelo desenvolvimento sustentável.

1.1. O uso de indicadores da gestão pública e indicadores de sustentabilidade ambiental

Dentro da administração pública, a necessidade de se desenvolver indicadores foi precedida pela evolução da gestão para os meios para uma gestão visando aos resultados. Na atualidade, a administração busca, crescentemente, apoiar-se em instrumentos de análise de performance e *accountability* na busca pelo desenvolvimento institucional e do país (MP, 2009). Para tanto, foram sendo elaborados indicadores, índices e modelos de analise (IDEM, 2009).

Para se mensurar a sustentabilidade do desenvolvimento, foram elaborados alguns métodos de avaliação. Desses, destacam-se o indicador Pegada Ecológica ou EF (*Ecological Footprint*),

calculado a partir da matriz de consumo de um extrato social a fim de determinar o espaço demandado de uso da Terra para a sua manutenção e o Índice de Sustentabilidade Ambiental ou ESI - *Environmental Sustainbility Index* (JOHNSON; ESTY, 2000 *apud* SICHE *et al*, 2007), que considera todas as etapas da pirâmide de informação para serem obtidos variáveis e indicadores separados por dimensões que, ao final, são agregados e determinam um índice final.
Sobre indicadores de sustentabilidade aplicados ao espaço intraurbano, identificaram-se quatro modelos de análise: Braga (2004, p. 14), que desenvolveu o Índice de Sustentabilidade Urbana Local com base no ESI, combinando aspectos do ecossistema natural, do sistema econômico e da qualidade de vida humana; bem como dos sistemas político, cultural e institucional, os quais se classificam como: estado, pressão e resposta; Romero (2007), que propõe dois bancos de dados: um territorial e outro urbano, estruturados de modo relacional e constituídos de dados *alfanuméricos quantitativos e qualitativos* com a descrição física e ambiental do espaço, bem como informações cadastrais, em termos de morfologia e clima, vinculados aos espaços públicos, vegetação e água, que possam ser representadas graficamente. Com isso, são definidos dois índices temáticos: o da qualidade de vida e o da qualidade do sistema ambiental, obtidos por meio das variáveis: edificação, redes e massa *elementos* do clima e os seus *fatores* condicionantes; Resende *et al* (2014), que apresenta um método de análise de riscos geotécnicos e ambientais para a tomada de decisões no planejamento urbano, a fim de prevenir problemas advindos das dinâmicas de ocupação e os conflitos com sítios de valor ambiental e geológico. Nesse estudo, a base cartográfica do Município foi organizada em plataforma de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a confecção de quatro cartas temáticas identificando áreas homogêneas segundo padrões de risco, delimitaram-se os sítios propícios à expansão urbana, considerando tipologia de solo e relevo, bem como as áreas necessárias à preservação ambiental; e Andrade (2015), cujo método baseia-se nos princípios de sustentabilidade ambiental descritos por Dauncey e Peck (2002 *apud* ANDRADE, 2005), na aproximação das agendas verde e marrom do *Informe Global da ONU Habitat de 2009*, nos princípios estudados por Andrade (2005), no método de avaliação das dimensões morfológicas do processo de urbanização de Holanda e Kohlsdorf (1944 *apud* ANDRADE, 2015) e a alguns critérios de certificação de empreendimentos verdes aplicados no Brasil (Selo Azul da CAIXA e AQUA para bairros, da Fundação Vanzolini, 2012). Nesse método, são adotadas as dimensões Ambiental, Social, Econômica e Cultural e Emocional, bem como indicadores de proteção ecológica, adensamento urbano, revitalização urbana, implantação de centros de bairro e desenvolvimento da economia local, implementação de transporte sustentável, habitações economicamente viáveis, comunidades com sentido de vizinhança, tratamento de esgoto alternativo, drenagem natural, gestão integrada da água, energias alternativas, e políticas baseadas nos 3R. Dentro desse espectro, há 92 indicadores de sustentabilidade e qualidade urbana. A análise de aderência dos indicadores propostos se faz mediante *verificadores*, os quais indicam que critérios mínimos precisam ser observados para enquadramento ou não em dada situação. É um modelo analítico prático e passível de aplicação nas auditorias de obras urbanas, motivo pelo qual foi escolhido para este estudo.

2. OBJETIVO

Este estudo teve por objetivo propor à CGU um método de auditoria de obras de urbanização baseado em princípios de sustentabilidade ambiental, utilizando-se indicadores relacionados ao tema num estudo de caso.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Este estudo se trata de uma pesquisa aplicada, visando à obtenção de expertise sobre indicadores de sustentabilidade do desenho urbano aplicados a uma unidade-caso de forma a propor sua incorporação nos procedimentos de auditoria de obras públicas. Em princípio, avaliou-se qualitativamente uma intervenção urbana. Em seguida, avaliou-se sua aderência a um determinado indicador de sustentabilidade ambiental.

No tocante aos objetivos, a pesquisa é descritiva, pois relata as características de um programa de urbanização num espaço e tempo delimitados. Foram coletados dados mediante visitas *in loco*, levantamentos bibliográficos e documentais.

Adotou-se o método do estudo de caso, tendo sido pesquisados princípios de sustentabilidade no tocante ao desenho urbano e indicadores de sustentabilidade ambiental com o mesmo enfoque para avaliar intervenções ocorridas numa fração urbana.

Em face da complexidade do tema, delimitou-se o escopo de avaliação aos aspectos que pressupõem o conforto térmico e luminoso do espaço intraurbano. Tal recorte teve por objetivo exemplificar a aplicação dos critérios de avaliação propostos, com vistas à futura elaboração, para a CGU, de procedimento de auditoria para a aferição de tais aspectos no que tange à programas públicos de urbanização.

Dentre as 18 comunidades existentes no Maciço, selecionou-se um trecho na de Monte Serrat, na qual fez-se a avaliação referida para demonstrar o processo.

O modelo proposto por Andrade (2015, p.73-74) considerando especificamente os indicadores de conforto térmico e luminoso são os seguintes:

> *C.1.1 - Conformidade ao Relevo - Ocupações em vales, morros e planos conforme orientação às condições climáticas, à topografia e áreas aquíferas usando como parâmetros as diretrizes de zoneamento bioclimático brasileiro;*
> *C.1.2 - Composição dos espaçamentos entre edificações e aberturas e fechamentos das edificações quanto à orientação solar e eólica - Distanciamentos entre edificações, largura da caixa viária, massa de vegetação (arbustiva e arbórea) em vias usando como referência a NBR 15220;*
> *C.1.3 - Coerência da densidade construtiva e edificada em relação à orientação solar e eólica - A massa edificada na relação com a área total considerada deve propiciar ventilação e insolação adequadas através de saliências e reentrâncias na horizontal e na vertical, consoante a norma de zoneamento bioclimático brasileiro;*
> *C.1.4 - Otimização ou redução da quantidade de luz proveniente do céu visível - adequabilidade da quantidade de luz proveniente do céu visível e a quantidade de luz refletida externa à edificação;*
> *C.1.5 - Materiais de superfície adequados ao conforto térmico, acústico e luminoso - materiais com baixo nível de reflexão da luz solar e calor, e absorvedores do som; e*
> *C.1.6 - Obstáculos adequados das fontes geradoras e receptoras de ruídos - distâncias mínimas de fontes de ruídos, aplicação de obstáculos para propagação do som segundo atributos da norma.*
> *C.1.7 - Minimização do efeito de vale (caixa de via estreita com altura superior à largura) - paralelismo entre superfícies (não potencializar a reflexão do som).*

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da região

O Maciço do Morro da Cruz é um sítio periurbano localizado na costa Noroeste da Ilha de Santa Catarina. Perfaz uma área total de 2.151.000 m². Seu cume mede 283 m de altitude e "[...] pertence à unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense, caracterizada pelos modelados de dissecação em outeiro e em montanha, com vertentes de alta declividade, separadas por crista

[...]" (SALOMÉ, 2014, p. 30). Boa parte desse sítio se classifica como Área de Preservação Permanente – APP, consoante o Código Florestal Brasileiro, e como Zona Especial de Interesse Social, de acordo com a Lei Complementar nº 207/2005 (FLORIANÓPOLIS, 2012; SALOMÉ, 2014).

Atualmente, o MMC abriga a cruz que lhe deu o nome, emissoras de televisão, um mirante turístico, um Parque Natural, loteamentos regularizados e 18 (dezoito) comunidades informalmente assentadas, totalizando uma população estimada de 26.000 pessoas (SALOMÉ, 2014, TOMÁS, 2012). Uma dessas comunidades, a de Monte Serrat, possui 320.000 m² de superfície e se situa na encosta Oeste do morro. Seus acessos se dão pela Av. Mauro Ramos (lado Oeste) e pela Av. General Vieira da Rosa (lado Leste). Escolheu-se para estudo a Servidão de Nova Descoberta, um trecho dentro de Monte Serrat, conforme ilustração a seguir (Figura 1):



Fig. 01 | Florianópolis, SC – Imagem de satélite do Maciço do Morro da Cruz com destaque para a parte localizada, na Ilha de Santa Catarina, no bairro Centro (In: FLORIANÓPOLIS, 2012); detalhe no quadrado verde, à direita, da Comunidade de Monte Serrat com indicação das APP (In: FLORIANÓPOLIS, 2014) e apresentação no quadrado vermelho de trecho situado no interior da Comunidade, a área objeto deste estudo: *Servidão Nova Descoberta*.

O surgimento dessa Comunidade se deu, principalmente, no período dos planos "de embelezamento" e de "higienismo" empreendidos pela administração municipal nos idos de 1920. As elites queriam uma Florianópolis ao estilo parisiense (BARBOSA, 2010) e defendiam a expulsão dos pobres (TOMÁS, 2012). Com isso, foram demolidos os cortiços habitados, em sua maior parte, por ex-escravos, tendo esses se deslocado para o Morro (BARBOSA, 2010), situado fora perímetro urbano. Em 1939, foi inaugurada Av. José Veiga (atual Mauro Ramos) que era o marco do perímetro urbano, circundando o pé do morro pelo lado oeste. Hoje, essa Avenida delimita o centro da cidade e a parte plana. Nela, são avistados condomínios verticais, residenciais e comerciais, ladeados por sobrados entre outras construções térreas. À medida que se sobe o morro, são avistadas ruas em forma de ladeiras, servidões e extensas escadarias. Proporcionalmente, as calçadas também vão se estreitando e se escasseando.

4.2 Estratégias necessárias ao bioclimatismo do desenho urbano

Quanto ao Zoneamento Bioclimático, trata-se da região 3, que possui clima quente-seco (ABNT, 2005). Segundo Matos (2007), os ventos dominantes provêm dos quadrantes Norte e Nordeste e, nas estações frias, há ondas esporádicas de ventos oriundos do Sul.

As edificações devem ser compactas, dispor de proteções nos pontos desfavoráveis em relação às horas quentes e estar orientadas diagonalmente e/ou espaçadas em relação ao fluxo dos ventos (ROMERO, 2013; GEHL, 2015). São necessárias vedações pesadas, aquecimento solar e ventilação cruzada nas edificações (ABNT, 2005). E, para o desenho urbanos, são necessários elementos naturais e/ou construtivos que mitiguem os impactos da insolação nas estações quentes, bem como permitam a radiação solar direta nas estações frias (IDEM, 2013; IDEM, 2005). As ruas precisam ser estreitas e curtas, devem ser evitadas as movimentações de terra, a água é necessária nos espaços públicos, a vegetação é primordial para controlar os ventos - devendo substituir boa parte das pavimentações -, ou os materiais de revestimento de piso precisam ser rugosos e assentados em blocos (ROMERO, 2013).

4.3. Avaliação quanto à observância dos princípios de sustentabilidade ambiental

O trecho escolhido para análise denomina-se Servidão Nova Descoberta. Essa via tem seu Azimute em, aproximadamente 5º, em relação ao Norte. Os lotes do lado esquerdo da Servidão fazem face com o Leste e, os do lado direito, com o Oeste, conforme planta a seguir:

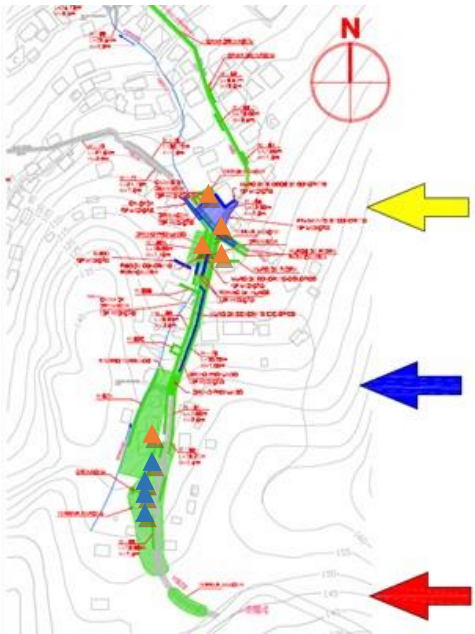


Figura 02 | Planta de Pavimentação, Terraplenagem, Muros e Drenagem. Elaborada pela Secretaria de Habitação e Saneamento Ambiental da Prefeitura Municipal de Florianópolis. In: CGU, 2016. O trecho selecionado encontra-se entre as setas vermelha-azul *(trecho 01)* e azul-amarela (*trecho 02*). Os triângulos representam casas realizadas pelo PAC. Os de cor laranja indicam as edificações em aço galvalume e, os na cor azul, as executadas em alvenaria convencional.

Entre as setas vermelha e azul (**trecho 01**, cotas 150 a 140 m), a via é parcialmente plana. A partir da seta azul até a amarela (**trecho 02**, cotas 135 a 105 m), há um declive acentuado. No trecho 01 (cuja declividade varia de 5,20 a 5,50 m), a rua foi parcialmente pavimentada com lajota

sextavada de concreto sobre colchão de areia. Há casas de alvenaria do lado esquerdo da via. Existe espaço para calçada no terreno terraplenado em frente aos lotes, mas não executada. Não há área verde nos espaços públicos, apenas atrás das residências. No trecho 02, há uma rampa pavimentada em concreto, dispondo de casas de alvenaria, de aço galvalume e de madeira. No segundo perímetro, não há calçadas. Há um córrego canalizado por sob as casas e rua. Algumas casas foram substituídas por habitações construídas pelo PAC, mas poucas (5 das 57 unidades identificadas confrontantes com a via, ou 8%) foram realocadas. O parcelamento dos lotes foi mantido em sua maior parte, assim como composição dos espaçamentos entre edificações. Quanto às aberturas e fechamentos das edificações do projeto, 4 das 9 unidades projetadas, ou 44%, não observam a orientação eólica (triângulos azuis) e 7 dessas (78%) não observam a orientação solar, bem como o material utilizado não é adequado ao Zoneamento Climático (ABNT, 2005).

Nos dois trechos, os espaços coletivos são ausentes de equipamentos urbanos e de itens de sombreamento. Não há contrastes. A iluminação natural é intensa nas estações quentes, por conta da cor clara do material de revestimento, destacando-se que, no trecho 01, o albedo do material de revestimento é menor que o do trecho 02. Nos períodos de chuva e frio, forma-se névoa e o local torna-se acinzentado. Não se identificam, também, locais de abrigo contra a chuva/vento.

Com base no assinalado, comparando-se as características locais mais frequentemente observadas e o modelo de avaliação de sustentabilidade ambiental proposto por Andrade (2015), foram efetuadas as seguintes análises:

Tabela 1. Avaliação da Sustentabilidade Ambiental da Servidão Nova Descoberta na abordagem de Conforto Ambiental.

INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	DESEMPENHO			
	NÃO	NÃO SE APLICA	SIM	OBSERVAÇÕES
C.1.1 – conformidade ao relevo.		X		O trecho 01, possui uma pequena parte projetada, e está em conformidade com o relevo, mas, o trecho 02, não. Segundo Andrade (2015), tal análise não se aplica a áreas consolidadas. Na maior parte da Servidão, foram mantidas as disposições dos terrenos.
C.1.2 – composição dos espaçamentos entre edificações e aberturas e fechamentos das edificações quanto à orientação solar e eólica para o conforto térmico e luminoso		X		A avaliação deste item não é aplicável em casos de áreas que já foram ocupadas de forma desordenada. Dada a forma irregular de ocupação, não há continuidade na massa edificada paralela às vias.
C.1.3 – coerência da densidade construtiva e edificada em relação à orientação solar e eólica			X	Há menor porcentagem de massa edificada sobre os espaços públicos com possibilidade de ventilação e insolação.

INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	DESEMPENHO			
	NÃO	NÃO SE APLICA	SIM	OBSERVAÇÕES
C.1.4 – otimização ou redução da quantidade de luz proveniente do céu visível	X			Limites dos incômodos visuais pelo gabarito, prospectos, planos de massa.
C.1.5 – materiais de superfície adequados ao conforto térmico, acústico e luminoso.	X			Materiais com baixa reflexão e alta absorção.
C.1.6 – obstáculos adequados das fontes geradoras e receptoras de ruídos			X	Raios maiores que 2.500 m.
C.1.7 – minimização do efeito de vale (caixa de via estreita com altura superior à largura)	X			A altura das edificações é maior que a metade da caixa viária (distância entre os edifícios).

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Andrade (2015).

Consoante avaliação da Tabela 01, verifica-se que o projeto em implementação na comunidade de Monte Serrat atende a apenas dois dos critérios em exame. Tal situação indica que se trata de um projeto com baixo grau de aderência quanto aos aspectos de sustentabilidade ambiental selecionados.

5. CONCLUSÃO

A realização de auditorias pela CGU tem contribuído para a avaliação da efetividade dos programas governamentais. Todavia, no que diz respeito à obras, as avaliações atuais dão ênfase aos aspectos financeiros e à conformidade com os projetos aprovados, sem criticar sua concepção no que tange ao desenvolvimento sustentável.

Considera-se que este estudo atingiu o seu objetivo ao demonstrar a viabilidade de análise de obras de urbanização sob o enfoque da sustentabilidade ambiental. Dessa forma, concluiu-se que os critérios propostos por Andrade (2015) podem ser adotados em ações de controle, bastando, para tanto, a sua conversão em procedimentos de auditoria.

Para demonstrar a aplicação desse modelo de mensuração, analisou-se o conforto ambiental de um trecho de obras de urbanização na Comunidade de Monte Serrat. Os resultados apontaram que o projeto em execução pela Prefeitura Municipal de Florianópolis em parceria com o governo federal possui baixo grau de aderência quanto aos aspectos de sustentabilidade ambiental selecionados.

Dessa forma, a elaboração de procedimentos que apliquem indicadores de sustentabilidade representará um avanço em termos de técnicas de auditoria. Com a abordagem apresentada, espera-se que as auditorias realizadas pela CGU em obras urbanas impulsionem os órgãos executores a adequar seus projetos aos princípios de sustentabilidade ambiental e, consequentemente, reformular as políticas públicas relacionadas à urbanização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, NBR 15220-3. **Desempenho térmico de edificações**. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica_parte3_SET2004.pdf> Acesso em: 30/07/2016.

ANDRADE, L.M.S. **Agenda Verde x Agenda Marrom: Inexistência de princípios ecológicos para o desenho de assentamentos urbanos [dissertação de mestrado].** Brasília: UnB, FAU, 2005. Disponível em: < https://goo.gl/sZbHeG>. Acesso em: 24 set. 2016.

ANDRADE, L.M.S.; LEMOS, N. Qualidade de Projeto Urbanístico/// Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana. In: BLUMENSCHEIN, R. N.; PEIXOTO, E.; GUINANCIO, C. (Org.). **Avaliação da Qualidade da Habitação de Interesse Social: projetos urbanísticos e arquitetônico e qualidade construtiva.** Brasília: UnB, FAU, 1ª Edição, 2015.

BARBOSA, M.D. **Comunidade, Identidade e Exclusão: Uma Abordagem da Luta dos Moradores da Comunidade Monte Serrat pelos Direitos Humanos.** 2010. Disponível em: Disponível em < https://goo.gl/xVicw9 > Acesso em: 18 ago. 2016.

BRAGA, T.M.; DE FREITAS, A. P.G.; DUARTE, G.S.; CAREPA-SOUSA, J. **Índices de sustentabilidade municipal: O Desafio de Mensurar**. Belo Horizonte, MG: Nova Economia, setembro-dezembro de 2004. Disponível em: <http://www.observatorioambiental.iff.edu.br/publicacoes/publicacoes-cientificas/indicadores_municipio.pdf>. Acesso em: 19/02/2017

BRASIL, 1993. **Lei nº 8.666 de 21/06/1993.** Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666compilado.htm>. Acesso em: 16 jan. 2016.

CGU, Ministério da Transparência, Fiscalização e Controle. **Relatório de Fiscalização nº 201317567.** Florianópolis, 2014.

CGU, Ministério da Transparência, Fiscalização e Controle. **Relatório de Fiscalização nº 201504902.** Florianópolis, 2016.

FLORIANÓPOLIS, Prefeitura Municipal. **Geoprocessamento Corporativo**. Florianópolis, SC, 2014. Disponível em: <http://geo.pmf.sc.gov.br/> Acesso em: 28 jul. 2016.

FLORIANÓPOLIS, Prefeitura Municipal. **Projeto Maciço do Morro da Cruz, Inclusão Social**. Secretaria de Habitação e Saneamento Ambiental, Governo do Estado de Santa Catarina, Governo Federal e Caixa Econômica Federal: apresentação em “slides”, 2012. Disponível em: < https://goo.gl/CKOiAb >. Acesso em: 23 ago. 2016.

GEHL, J. **Cidades para Pessoas**; tradução Anita Di Marco. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2015.

MATOS, M. **Simulação Computacional do Desempenho Térmico de Residências em Florianópolis utilizando Ventilação Natural**. Florianópolis, SC: UFSC, 2007.

MP, MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **PAC, Urbanização - Maciço do Morro da Cruz (Centro)**. Florianópolis, SC. 2016. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/obra/25262>. Acesso em: 02 ago. 2016.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Ranking IDHM Municípios 2010**. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>. Acesso em: 20 fev. 2017.

ROMERO, M.A.B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Ed. UnB, 4ª Reimpressão. Brasília, DF. 2015.

ROMERO, M.A.B. Frentes do Urbano para a Construção de Indicadores de Sustentabilidade Intra Urbana. In: **Revista Paranoá**, Ed. 4. Brasília: Ed. UnB. 2007. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/12103>. Acesso em: 28 set. 2016.

ROMERO, M.A.B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. Ed. UnB, Brasília, DF, 2013.

SALOMÉ, J.A. **O outro lado da 'TERRA DE SOL E MAR' - Diagnóstico de bairros e comunidades inseridos no projeto 'SEBRAE na comunidade.** Florianópolis: Serviços de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE, Prefeitura Municipal de Florianópolis, Etapas 1 e 2, março/2014. Disponível em < ftp://ftp.sebrae-sc.com.br/relatorio_sebrae_comunidade.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2016.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices Versus Indicadores: Precisões Conceituais na Discussão da Sustentabilidade de Países. In: **Ambiente & Sociedade**, v. X, n. 2, p. 137-148, Campinas, SP: 2007. Disponível em: < https://goo.gl/riX1Fe >. Acesso em: 02 ago. 2016.

TOMÁS, E.D. **Antigos e novos olhares sobre o Maciço do Morro da Cruz**: de não território a território do Pac-Florianópolis. Florianópolis: UFSC, Geografia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/100644>. Acesso em: 01 jul. 2016.

357. IMPACTOS INCORPORADOS AO CICLO DE VIDA DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR DO PROGRAMA MCMV

MORALES, Michele Ferreira Dias[1a]; CRUZ, Igor Marin Magno[1b]; KIRCHHEIM, Ana Paula[1c]; KERN, Andrea Parisi[3d]; PASSUELLO, Ana[2e]*

[1]DECIV/PPGEC/NORIE – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Brasil
[2]Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte – UFRGS, Brasil
[3]PPGEC– Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Brasil
e-mail:[a]dias.micheleferreira@gmail.com; [b]igormmagno@hotmail.com; [c]anapaula.k@ufrgs.br; [d]apkern@unisinos.br; [e]ana.passuello@ufrgs.br

**Autor correspondente*

RESUMO

A construção civil é considerada uma grande geradora de impactos dentro da cadeia produtiva tanto pelo elevado consumo de recursos naturais não renováveis durante sua produção quanto pela elevada demanda energética durante sua operação. Neste contexto, a avaliação de cada uma das etapas do ciclo de vida da edificação, permite identificar os impactos ambientais relacionados à produção das matérias primas utilizadas, construção, utilização e sua disposição final. Dentre as técnicas de avaliação empregadas, pode ser citada a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), preconizada pela ABNT ISO 14040/2009, uma ferramenta que permite avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados ao ciclo de vida de um produto. Tendo em vista o grande volume de construções fomentado pelo programa habitacional brasileiro Minha Casa Minha Vida, selecionou-se para este estudo, um conjunto habitacional com 180 unidades, construído na cidade de São Leopoldo/RS. O escopo do estudo foi do berço ao portão, considerando todos os sistemas da construção, excluídos: fundações, revestimento cerâmico, pintura, instalações e esquadrias. Foram contabilizados os impactos "incorporados", ou seja, aqueles relacionados à extração de matérias primas, produção dos materiais, transporte até o canteiro e produção da edificação. Os indicadores de impacto ambiental selecionados foram: energia incorporada renovável (EI), energia incorporada não-renovável (EIN), potencial de aquecimento global (PAG) potencial de acidificação (PA), potencial de eutrofização (PE), potencial de oxidação fotoquímica (PF), potencial de depleção da camada de ozônio (PO) e depleção de recursos abióticos (DA). O cálculo de avaliação dos impactos foi realizado no software OpenLCA 1.4.2. Os dados de inventário utilizados são da base de dados Ecoinvent 3.2, consolidada em estudos de ACV. Os resultados obtidos demonstram que, para todas as categorias analisadas, o sistema de vedação obteve a maior participação, sendo responsável por 46,7% do PAG e 35,6% da EIN, seguido pelo revestimento argamassado com 24,3% de PAG e 25,6% da EIN.

Palavras-chave: ACV; EDIFICAÇÕES; PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA; IMPACTOS AMBIENTAIS INCORPORADOS, HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL.

LIFE CYCLE EMBODIED IMPACTS OF A MULTIFAMILIARY BUILDING OF THE MCMV PROGRAM

ABSTRACT

Construction industry is considered an important generator of impacts within the productive chain due both to the high consumption of nonrenewable natural resources during its production and to

the high energy demand during its operation. In this context, the evaluation of each of the building life cycle stages , allows identifying the environmental impacts related to raw materials production, construction, use and final disposal. Among the evaluation techniques employed, the Life Cycle Assessment (LCA), recommended by ABNT ISO 14040/2009, emerges as a tool to evaluate environmental aspects and potential impacts associated to the life cycle of a product. Considering the large volume of buildings promoted by the Brazilian housing program Minha Casa Minha Vida, a housing project with 180 units, built in the city of São Leopoldo / RS, was selected for this study. The scope of the study was from cradle to gate, considering all construction systems, excluded: foundations, ceramic coating, painting, installations and frames. Embodied impacts were recorded, that is, those related to the extraction of raw materials, production of the materials, transportation to the construction site and production of the building. The selected environmental impact indicators were renewable energy (EI), non-renewable energy (EIN), global warming potential (PAG), acidification potential (PA), eutrophication potential (PE), photochemical oxidation (PF), stratospheric ozone depletion (PO) and depletion of abiotic resources (DA). The impact assessment calculation was performed in OpenLCA software 1.4.2. The inventory data used are from the Ecoinvent 3.2 database, consolidated in LCA studies. The results show that, for all the analyzed categories, the sealing system obtained the largest participation, being responsible for 46.7% of the GAP and 35.6% of the EIN, followed by the mortar coating with 24.3% GWP and 25.6% of EIN.
Keywords: LCA; BUILDINGS; MY HOUSE MY LIFE PROGRAM; ENVIRONMENTAL EMBODIED IMPACTS; SOCIAL HOUSING.

1. INTRODUÇÃO

O setor de edificações é considerado um grande gerador de impactos dentro da cadeia produtiva, seja pelo elevado consumo de recursos naturais não renováveis, sendo responsável por 39% dos recursos minerais extraídos no mundo, no ano de 2005 (KRAUSMANN et al.; 2009) ou pelo elevado consumo de energia durante sua vida útil, utilizando aproximadamente 50,8% da energia elétrica produzida no Brasil em 2015 (EPE,2016).

Conforme MME (2014) as emissões totais de gases do efeito estufa (GEE) do Brasil em 2012, foram de 1.203.424 Gg CO_2 eq, sendo que deste total 7,09% são oriundos dos processos industriais, que incluem importantes matérias-primas da construção civil, tais como: cimento, aço, cal, alumínio e vidro. Outra importante parcela das emissões nacionais são provenientes do setor de energia, responsável por 37% das emissões de CO_2 eq no mesmo ano (MME, 2014), sendo a participação das residências de 4% do total de energia consumido (EPE, 2016). Em nível mundial o impacto das edificações é ainda maior, segundo o IPCC (2014), o setor de construção civil foi responsável, em 2010, por 19% de todas as emissões globais de GEE e é o 3º em emissões de CO_2 eq.

Tendo em vista a necessidade de mitigar tais impactos, em 2009 foi instituída a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), através da Lei nº 12.187, firmando o compromisso voluntário do Brasil perante a Organização das Nações Unidas (ONU) de diminuir as emissões de GEE em até 38,9% até 2020. Visando a consolidação de uma economia de baixo carbono, estão previstas medidas através dos planos setoriais de mitigação, nos quais está inclusa a indústria da construção civil (BRASIL, 2009).

Neste contexto de busca por redução dos impactos ambientais, ferramentas que avaliem e quantifiquem os mesmos são de grande importância. Dentre as mais empregadas atualmente está a ACV – Avaliação do Ciclo de Vida, preconizada pela ABNT ISO 14040/2009, permite a análise de cada uma das etapas do ciclo de vida da edificação, desde a extração e aquisição de matérias-

primas, produção de energia e materiais, manufatura, uso, tratamento de fim de vida até a disposição final. A ACV surge como alternativa para análise ambiental de edificações, permitindo identificar parte dos seus impactos (berço ao portão) ou todo seu ciclo de vida (berço ao túmulo). De acordo com Ortiz, Castells e Sonnemann (2009) vários instrumentos de avaliação ambiental têm empregado a ACV, estes por sua vez têm sido subdivididos em níveis (1,2 e 3): nível 3 - avaliação da edificação através de certificações ambientais como *BREEAM* (Reino Unido), *LEED* (EUA), *SEDA* (Austrália); nível 2 – ferramentas de apoio à tomada de decisão na etapa de projeto como *LISA* (Austrália), Ecoquantum (Holanda), Envest (Reino Unido), ATHENA (Canadá), BEE (Finlândia); nível 1 – ferramentas para comparação de produtos tais como Gabi (Alemanha), SimaPro (Holanda), TEAM (França), LCAiT (Suécia). Mais recentemente foi regulamentada no Brasil, através da Portaria nº 100/2016 do Inmetro, a declaração ambiental de produto – DAP, da sigla correspondente em inglês *EPD – Environmental Product Declaration*, baseada em estudos de ACV, fornece uma descrição detalhada de características ambientais de produtos ao longo do seu ciclo de vida resumindo seu perfil ambiental e fornecendo informações sobre seus aspectos ambientais de forma padronizada e objetiva além de incentivar a demanda e oferta de produtos que causem menor impacto ao ambiente (INMETRO, 2016).

No âmbito de edificações, Fava (2006) observa que a ACV já vêm sendo aplicada desde 1990. Ortiz, Castells e Sonnemann (2009) realizaram revisão de literatura da aplicação da metodologia da ACV na construção entre os anos de 2000 a 2007. Os autores citam 24 trabalhos realizados neste período, que analisam desde os materiais de construção e a combinação de elementos até a construção do edifício como um todo. Estes afirmam, que a aplicação da ACV é fundamental para a sustentabilidade e melhoria na construção civil, como por exemplo, na avaliação dos materiais de construção, aumentando a produtividade e a competitividade dos mercados de construção sustentável. No contexto da América Latina, podem ser citados os trabalhos realizados por Paulsen e Sposto (2013) que avaliaram a energia incorporada (relacionada aos materiais, transporte e equipamentos utilizados para produzir a edificação) e operacional (relacionada ao funcionamento) de uma edificação unifamiliar do programa habitacional brasileiro Minha Casa Minha Vida - MCMV empregando a ACV. Os resultados obtidos neste estudo demonstraram a elevada participação da etapa de produção da edificação (energia incorporada), responsável por 30% de toda a energia consumida ao longo do seu ciclo de vida. Já na etapa operacional, os principais agentes identificados como responsáveis por estes impactos foram as manutenções ao longo da etapa de uso e o sistema de vedação da edificação. Oyarzo e Peuportier (2014) realizaram pesquisa em residências unifamiliares no Chile com objetivo de estudar como as decisões tomadas durante as diferentes fases de um projeto influenciam o seu desempenho no ambiente. Neste estudo, foi utilizada a base de dados Ecoinvent e realizadas adaptações de alguns dados de inventário de processos ao contexto chileno, foram avaliados: potencial de aquecimento global, além de indicadores que dizem respeito à poluição atmosférica, consumo de recursos naturais, produção de resíduos, etc. Como resultado, a ACV revelou a importância da etapa de uso, particularmente o consumo de energia, no equilíbrio ambiental total da habitação no Chile. Este tipo de informação promove o desenvolvimento e o interesse da inovação técnica no setor da construção, além de constituir auxílio no processo de tomada de decisão dos profissionais, a fim de melhorar o desempenho ambiental dos projetos, especialmente na fase de concepção (OYARZO E PEUPORTIER, 2014).

Muitos esforços têm sido feitos para reduzir as emissões operacionais dos edifícios, porém conforme Ibn-Mohammed et al. (2013) muitas vezes pouca atenção é dada às emissões incorporadas. Os autores realizaram revisão crítica da relação entre as emissões incorporadas e operacionais ao longo do ciclo de vida dos edifícios para demonstrar a crescente proporção de

emissões incorporadas, que é uma consequência dos esforços para diminuir as emissões operacionais (IBN-MOHAMMED ET AL., 2013).
Tendo em vista o elevado impacto ambiental das edificações e a importância de aprofundar o conhecimento nos impactos de sua produção, viabilizando oportunidades de melhoria, o objetivo deste estudo foi avaliar os impactos ambientais, desde a extração de matérias-primas e transporte até a produção de parte dos sistemas que compõem um edifício residencial multifamiliar, parte de um conjunto habitacional com 180 habitações, do programa habitacional brasileiro Minha Casa Minha Vida - MCMV, construído na cidade de São Leopoldo/RS. Cabe salientar que este trabalho é uma pesquisa preliminar que faz parte de um trabalho de doutorado, em andamento, que tem como um dos seus objetivos, aprofundar o conhecimento na aplicação da ACV na avaliação da sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edificações.

2. MÉTODO DE PESQUISA

Para realização deste estudo foram seguidas as orientações da NBR ISO 14040/2009 e NBR ISO 14044/2009. De acordo com a NBR ISO 14040/2009 o estudo de ACV é composto por quatro fases:
a) Fase de definição de objetivo e escopo: quando ocorre a definição da aplicação pretendida, definição do escopo do estudo, sua unidade funcional, fronteiras do sistema estudado, limitações e requisitos dos dados. b) Fase de análise de inventário: envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas relevantes de um sistema de produto. c) Fase de avaliação de impactos: etapa de estudo da significância dos impactos ambientais potenciais, utilizando os resultados do Inventário do Ciclo de Vida - ICV. Em geral, esse processo envolve associar dados de inventário com categorias de impacto específicas e indicadores de categoria, tentando dessa forma entender tais impactos. A fase de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida - AICV também fornece informações para a fase de interpretação do ciclo de vida. d) Fase de interpretação: visa fornecer uma apresentação compreensível e consistente dos resultados de uma ACV, de acordo com a definição de objetivo e escopo do estudo. As constatações dessa interpretação podem tomar a forma de conclusões e recomendações aos tomadores de decisão, consistentes com o objetivo e escopo do estudo. A seguir são apresentadas cada uma das fases da ACV realizada neste estudo:

2.1 Objetivo e escopo

O objetivo deste estudo foi avaliar a etapa de produção de uma edificação multifamiliar construída no sistema construtivo de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e lajes pré-fabricadas de concreto (tipo maciça, moldada na indústria de pré-moldados). Neste estudo foram consideradas as seguintes etapas: extração de matérias-primas, consumo de energia para produção de materiais e seu transporte até o local de produção da edificação (incluindo a energia consumida pelos equipamentos de movimentação de materiais no canteiro) conforme apresentado no sistema de produto (Figura 11). Não foram considerados no escopo do estudo: sistema de fundações, devido à sua dependência do tipo de terreno; sistema de esquadrias, pinturas interna e externa e revestimento cerâmico, em função da indisponibilidade de dados de inventário (do Ecoinvent) que sejam semelhantes aos produtos empregados no Brasil; e instalações, devido a indisponibilidade dos quantitativos destes materiais.

Figura 11 **- Sistema de produto e fronteiras do sistema e estudo**

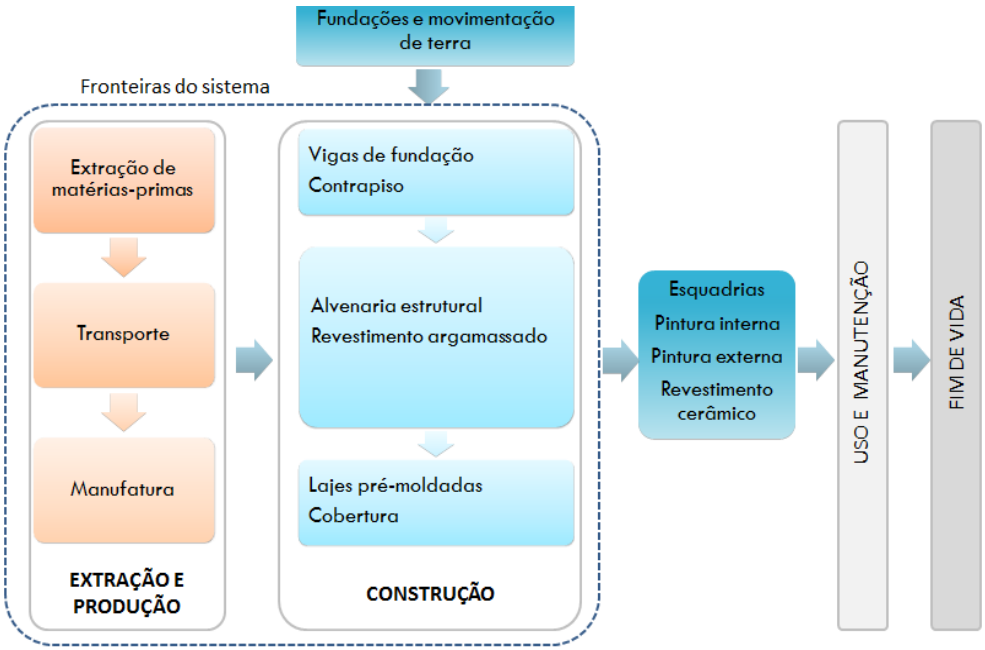
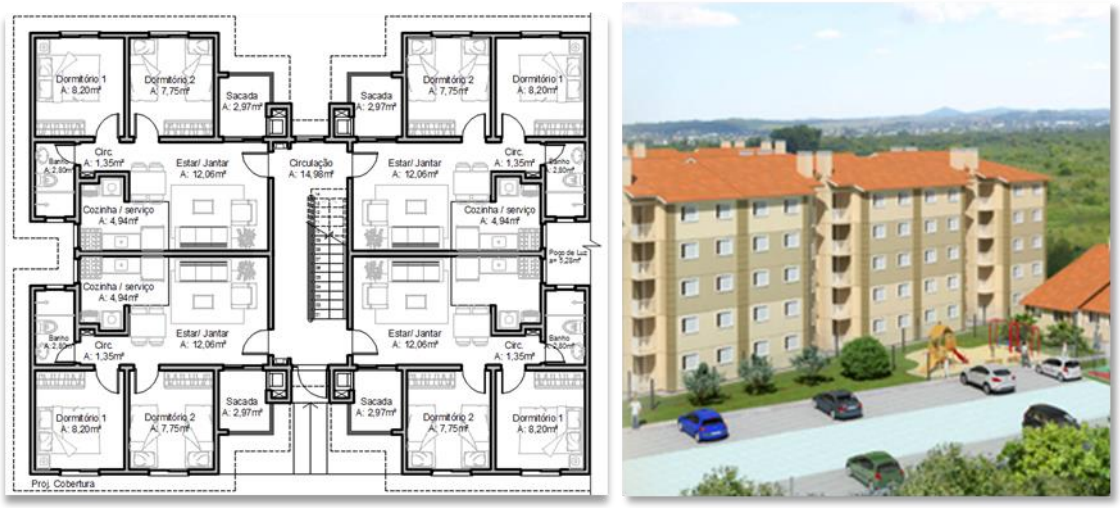


Figura 12 - **Planta baixa e maquete 3D do empreendimento**



A unidade funcional estudada foi um edifício de cinco pavimentos, quatro apartamentos por andar com área útil de 40,1m² (Figura 12), totalizando 1.011,35m² de área construída. O edifício utilizado neste estudo faz parte de um conjunto habitacional composto por 9 blocos (180 unidades).

2.2 Análise de inventário

Para elaboração do inventário foi utilizada a base de dados Ecoinvent versão 3.2, uma das bases de dados de inventário mais empregadas em estudos de ACV. Nesta base, os dados de inventário são válidos para determinada geografia, ou seja, sua região geográfica no contexto do Ecoinvent.

Esta pode ser o mundo inteiro (global - GLO), uma região composta por vários países (por exemplo, Europa - RER), ou apenas um país (por exemplo, Alemanha - DE) ou ainda uma área menor (por exemplo, uma província no Canadá). Em virtude da baixa disponibilidade de dados de inventário de materiais de construção brasileiros no Ecoinvent, neste trabalho optou-se por empregar, dados da produção global. Oyarzo e Peuportier (2014) relatam tal dificuldade em seu estudo no Chile e ressaltam a importância de desenvolvimento de dados de processos para a América do Sul, aumentando a precisão e a relevância dos estudos de ACV no continente.
Cabe ressaltar que já existem esforços de pesquisas nacionais para desenvolvimento de dados de inventários brasileiros, como exemplo pode ser citada a iniciativa da Associação Nacional da Indústria Cerâmica – ANICER, que realizou inventário de blocos e telhas cerâmicas (ANICER, 2012) e mais recentemente (outubro de 2016), o Ecoinvent através de um edital de incentivo para desenvolvimento de dados de inventário de cimentos, concretos e produtos relacionados, para o Brasil, Colômbia e Peru.
O transporte foi considerado a partir de dados de mercado, fornecidos pela base Ecoinvent, que incluem dados médios de transporte do produto dentro de uma determinada região geográfica. Os quantitativos são provenientes do orçamento discriminado, fornecido pela empresa construtora, elaborado a partir das composições unitárias de custo (CUC), ajustadas ao histórico de produtividade da mesma. Cabe salientar que as perdas estão inclusas nas CUC´s. Na Tabela 9 encontra-se o inventário dos materiais considerados na ACV e o percentual de participação (em massa) de cada um dos sistemas na massa total de materiais considerados no escopo deste estudo.

Tabela 9**- Inventário dos materiais considerados.**

SISTEMA	QUANTIDADE	MATERIAIS	QUANTIDADE	UNIDADE
Vigas fundação (5% da massa total)	14,96m³	Concreto 25 MPa	15,0	m³
		Aço	1197,0	kg
		Brita	4605,0	kg
		Impermeabilização	130,4	kg
		Formas de madeira	2,0	m³
Contrapiso (6,3% da massa total)	201,02m²	Concreto 20 MPa	16,1	m³
		Aço	301,5	kg
		Brita	15076,5	kg
		Formas de madeira	0,1	m³
Alvenaria (40,5% da massa total)	1793,95 m²	Bloco cerâmico	226312,0	kg
		Argamassa de assentamento	56249,2	kg
		Areia	22702,7	kg
		Brita	33696,0	kg
		Cimento CPIV	6177,6	kg
		Aço	1859,4	kg
Revestimento argamassa (21,3% da massa total)	3806,22 m²	Argamassa de revestimento	182259,2	kg
Lajes pré-fabricadas (25,3% da massa total)	996,2 m²	Concreto 25MPa	89,7	m³
		Aço	1494,3	kg

Cobertura (1,7% da massa total)	228,7 m²	Telha cerâmica	11547,9	kg
		Aço (estrutura)	2630,1	kg
Maquinário da obra (grua e guindaste)	101,25 horas	Grua	74,6	horas
		Guindaste	26,7	horas

2.3 Avaliação de impactos

O cálculo da avaliação de impactos foi realizado no software OpenLCA 1.4.2, um software de acesso livre que permite o manuseio dos dados de processos oriundos do Ecoinvent. Foram consideradas as categorias de avaliação descritas na Tabela 10, os indicadores empregados são os exigidos para elaboração de uma declaração ambiental de produto de acordo com a EN 15804:2012, tendo sido acrescidos os indicadores energia: incorporada renovável (EIR) e energia incorporada não-renovável (EIN), devido ao elevado consumo energético na produção dos materiais utilizados na indústria da construção civil.

Tabela 10 **- Categorias de impacto avaliadas**

Indicador	**Unidade**	**Método empregado**
Energia incorporada renovável - EIR	MJ-Eq	CED
Energia incorporada não-renovável - EIN	MJ-Eq	CED
Potencial de aquecimento global - PAG	Kg CO_2-Eq (100a)	IPCC 2007
Potencial de acidificação - PA	Kg SO_2-Eq	CML 2001
Potencial de eutrofização - PE	Kg NOx-Eq	CML 2001
Potencial de oxidação fotoquímica - PF	Kg Etileno-Eq	CML 2001
Potencial de depleção da camada de ozônio - PDO	Kg CFC-11-Eq	CML 2001
Depleção de recursos abióticos - DA	Kg antimônio-Eq	CML 2001

2.4 Interpretação

Os resultados obtidos servirão como fonte de dados para otimização dos impactos incorporados da edificação, permitindo identificar os sistemas com maior participação e consequentemente viabilizar oportunidades de mitigação. Além disso, será possível obter a declaração ambiental de produto da edificação.

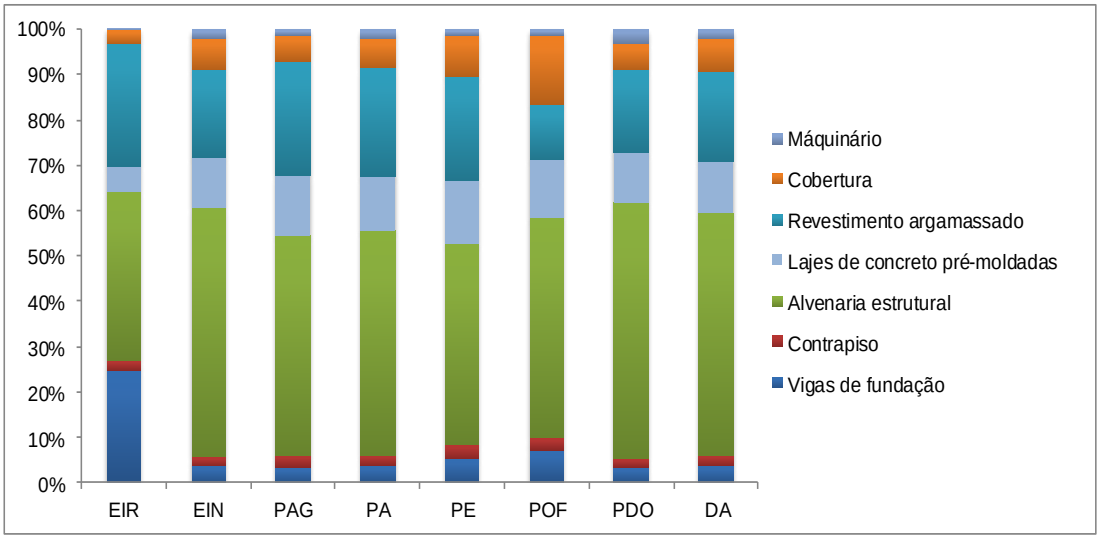
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na

Figura 13 é apresentado gráfico da participação de cada sistema considerado no impacto total da edificação. Observa-se que ocorre variação entre as categorias avaliadas, porém mesmo assim, o sistema de alvenaria predomina sobre todos os demais, o que aponta este sistema com elevado potencial de otimização, destaca-se que o dado da produção de bloco cerâmico utilizado neste estudo possui maior impacto que o bloco cerâmico produzido no Brasil, conforme resultados publicados pela Anicer (2012). O dado de bloco cerâmico utilizado neste trabalho tem valores de PAG = 2,3 kg CO_2-Eq (por unidade de bloco) enquanto o bloco nacional tem emissões de 1,3 kg CO_2-Eq (por unidade de bloco). Outro ponto importante a ser demonstrado são as lajes de concreto (PAG de 246,74 kg CO_2-Eq por m³ de concreto 25MPa), embora estas respondam por relevante percentual da massa de materiais considerados, se mostraram menos impactantes que o revestimento argamassado (508,44 kg CO_2-Eq por m³), tal resultado se deve aos traços

utilizados no inventário destes materiais. Em ambos os casos o cimento é o material mais impactante entre os componentes, porém constatou-se que sua concentração varia entre o concreto e a argamassa, acarretando a expressiva diferença nos impactos. O concreto de 25MPa utilizado nas análises, possui baixo consumo de cimento (12% da massa total de materiais) e adição pozolânica, já no caso da argamassa, composta de cimento e areia, observa-se maior teor de cimento (20% da massa total de materiais).

Figura 13 **- Gráfico da participação de cada sistema por categoria de impacto avaliada.**



Nota-se também que, conforme apresentado na Tabela 9 (item 2.2), o sistema de alvenaria possui a maior participação na massa total de materiais, com 40,5% do total de materiais considerados, porém ao analisar sua participação nos impactos por categoria, observa-se variação considerável- 37,3% para EIR a 56,2% para PDO. Observou-se que para EIR houve aumento na participação das vigas de fundação em relação às demais categorias, tal fato se deve a energia incorporada proveniente da madeira empregada nas formas, que no cálculo foi considerada como fonte energética (biomassa).

Conforme apresentado no gráfico da Figura 4, o maquinário empregado na movimentação dos materiais no canteiro não se mostrou muito relevante, com participação variando de 0,1% (EIR) a 3,4% (PDO). Este resultado pode servir de estímulo para industrialização da construção, pois a movimentação e o armazenamento inadequados de materiais são causas conhecidas de desperdício de materiais em canteiros de obras, sendo assim o emprego de industrialização pode ser estimulado, uma vez que seus impactos são baixos se comparados à construção como um todo. Na Tabela 11 são demonstrados os impactos totais, que compõem a "declaração ambiental de produto da edificação", tal informação pode ser de grande utilidade, uma vez que se torne de domínio público, subsidiando os consumidores de maneira que estes possam optar por imóveis de impacto reduzido.

Tabela 11 **- Resultados totais por categoria e por m² de área construída**

	EIR MJ-Eq	EIN MJ-Eq	PAG Kg CO2-Eq (100a)	PA Kg SO2-Eq	PE Kg NOx-Eq	POF Kg Etileno-Eq	PDO Kg CFC-11-Eq	DA Kg antimônio-Eq
Emissões Totais	**152778,6**	**1802987,2**	**193090,2**	**675,5**	**176,8**	**30,97**	**0,01355**	**883,7**
Total por m²	**151,1**	**1782,8**	**190,9**	**0,7**	**0,2**	**0,03**	**0,00001**	**0,9**

4. CONCLUSÕES E TENDÊNCIAS FUTURAS OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado, dentre os sistemas considerados, identificou-se o sistema de alvenaria como predominante sobre todos os demais. Foi evidenciada a necessidade de utilização de dados de inventário que reflitam a realidade brasileira, salienta-se que, a partir dos resultados obtidos neste estudo, estão sendo realizadas adaptações do inventário da produção do concreto, cimento e argamassa (por este grupo de pesquisa ou parceiros), e também estão sendo desenvolvidos inventários de tinta acrílica e esquadrias, para aplicação futura em novo estudo com emprego de inventários nacionais. Também será utilizado o inventário do processo de produção de bloco cerâmico publicado pela ANICER.

Frente às demandas de mercado por construções sustentáveis, uma possível alternativa de atuação na etapa de concepção do projeto, é através das declarações ambientais de produto, uma vez que estas comecem a ser desenvolvidas por parte dos fabricantes, será possível, por exemplo, priorizar a seleção de produtos com melhor desempenho ambiental comprovado por estas.

Estudos que avaliam ambientalmente a edificação fornecem subsídios importantes para o desenvolvimento sustentável da construção civil, direcionando o foco de atuação dos projetistas e construtores, aos elementos mais críticos do projeto. Além disso, o conhecimento dos principais agentes envolvidos promove o emprego e o desenvolvimento de inovação tecnológica da indústria da construção nacional.

A partir dos resultados obtidos ressalta-se a importância do esforço conjunto que vêm sendo realizado por diversos grupos de pesquisa e órgãos governamentais para o desenvolvimento de dados de inventário de materiais de construção adequados ao contexto brasileiro, como argamassa, concreto e bloco cerâmico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições que apoiam os pesquisares envolvidos neste estudo: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro. 2009.

____. NBR ISO 14044: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER). Análise comparativa do ciclo de vida de paredes construídas com blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto armado moldado *in loco.* Rio de Janeiro. 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil. 2ª ed. Brasília: MME, 2014.

BRASIL. Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009 que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm> Acesso em dezembro de 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. Portaria nº 100 de 07 de março de 2016.

BRE, B. R. E. Product Category Rules for Type III environmental product declaration of construction products to EN 15804:2012. p. 43, 2013.

FAVA, J. Will the next 10 years be as productive in advancing life cycle approaches as the last 15 years? International Journal of Life Cycle Assessment n.11, p. 6–8, 2006.

HAMMOND, G.P.; JONES, C.I. Embodied energy and carbon in construction materials. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy, 161 (2). p. 87-98, 2008.

IBN-MOHAMMED, T. et al. Operational vs. embodied emissions in buildings - A review of current trends. Energy and Buildings n.66, p.232-245,2013.

IPCC. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge ed.Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: [s.n.]

KRAUSMANN, F. et al. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. Ecological Economics n.68, p.2696–2705. 2009.

ORTIZ, O; CASTELLS, F; SONNEMANN, G. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Construction and Building Materials n.23, p.28–39, 2009.

OYARZO, J.; PEUPORTIER, B. Life cycle assessment model applied to housing in Chile. Journal of Cleaner Production n.69, p.109-116, 2014.

PAULSEN, J.S.; SPOSTO, R.M. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”. Energy and Buildings n.57, p.95-102, 2013.

385. INDICADORES DE VULNERABILIDADE COMO SUBSÍDIO ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS À GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES

JALOWITZKI, Ivana de Figueiredo[1](ivana.jalowitzki@gmail.com); PASSUELLO, Alexandra[2] (alepassuello@gmail.com); GIAZZON, Eloísa[3] (eloisagiazzon@gmail.com); SILVA FILHO, Luiz Carlos Pinto da[4] (lcarlos66@gmail.com)*

[1, 2, 3 e 4] Grupo de Gestão de Riscos de Desastres, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (GRID-CEPED/RS-UFRGS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

A gestão de risco de desastres é o conjunto de ações desenvolvidas para prevenir ou mitigar os impactos gerados pelas ameaças de caráter natural e antrópico presentes em um determinado território. Considerando que o risco se expressa através da relação existente entre perigo e cenário vulnerável, indicadores que expressem a vulnerabilidade dos elementos presentes no espaço urbano poderão orientar a elaboração das políticas públicas voltadas à gestão de risco de desastres. O objetivo do presente artigo é refletir sobre as diversas dimensões relacionadas à vulnerabilidade de desastres e apresentar um conjunto de indicadores capazes de mensurar qualitativamente o grau de fragilidade dos elementos expostos em relação à processos perigosos de inundação, enxurrada e movimento de massa. Além disso, o artigo fará uma reflexão de como estes indicadores poderão contribuir no planejamento de políticas públicas e ações locais para reduzir os impactos gerados pela ocorrência de desastres. A discussão será gerada a partir do levantamento de indicadores obtidos em uma ampla revisão bibliográfica e aplicados no projeto Mapeamento de Vulnerabilidades, desenvolvido pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/RS) para a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Para este projeto foram identificados 11 indicadores e 33 subindicadores distribuídos em 5 dimensões distintas: física, social, infraestrutura, capacidade de resposta e perigo. O mapeamento dos indicadores estabelecidos foi aplicado em setores de risco localizados em 8 municípios do Estado do Rio Grande do Sul. O resultado do mapeamento possibilitou elencar recomendações para qualificação da gestão de risco no âmbito das políticas públicas municipais.

Palavras-chave: Indicadores de vulnerabilidade; Mapeamento de vulnerabilidade; Gestão de riscos de desastres; Políticas públicas.

VULNERABILITY INDICATORS AS A SUBSIDY TO PUBLIC POLICIES TOWARDS DISASTER RISK MANAGEMENT

ABSTRACT

Disaster risk management is the set of actions established to prevent or mitigate the impacts generated by natural and anthropic threats in a given territory. Considering that risk is expressed by the relationship between hazard and vulnerable scenario, indicators that express the vulnerability of the elements present in the urban space may guide the elaboration of public policies towards disaster risk management. The aim of this article is to reflect on the various dimensions related to the vulnerability of disasters and to present a set of indicators capable to

qualitatively measure the degree of fragility of the exposed elements facing to hazardous processes of flooding, flash flood and mass movement. In addition, this article will reflect on how these indicators may contribute to the planning of public policies and local actions to reduce the impacts generated by the occurrence of disasters. The discussion will be generated from the survey of indicators obtained in a wide bibliographic review and applied at the Project of Vulnerability Mapping, developed by the University Center for Studies and Research on Disasters (CEPED / RS) for the National Secretariat for Civil Protection and Defense. For this project, 11 indicators and 33 sub-indicators were identified in 5 different dimensions: physical, social, infrastructure, responsiveness and hazard. The mapping of the established indicators was applied in risk sectors located in 8 municipalities of Rio Grande do Sul State. The result of this method of mapping allowed to list recommendations for the improvement of risk management in the scope of municipal public policies.
Keywords: Vulnerability indicators; Vulnerability mapping; Disaster risk management; Public policies.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR), a redução de risco de desastres é o conceito e a prática através de esforços sistemáticos para analisar e reduzir os fatores causais de possíveis desastres. Portanto, a gestão de risco de desastres pode ser compreendida como um elenco de ações desenvolvidas para prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação aos impactos gerados pelas ameaças de processos perigosos, de caráter natural e antrópica, presentes em um determinado território. Partindo do princípio de que o risco se expressa através da relação existente entre perigo e cenário vulnerável, indicadores que expressem a vulnerabilidade dos elementos presentes no espaço urbano poderão contribuir na identificação dos problemas e orientar a elaboração das políticas públicas voltadas à gestão de risco de desastres. O termo vulnerabilidade é empregado para indicar uma condição preexistente que faz com que um dado elemento exposto possa ser afetado por uma situação específica (SILVA FILHO et al, 2015). A vulnerabilidade social, por exemplo, é definida por Abramovay (2002) como uma situação em que os recursos e habilidades de um dado grupo social são insuficientes e inadequados para lidar com as oportunidades oferecidas pela sociedade. A partir desta conceituação, autores como Kuhlicke (2010) e Saito (2011) salientam a complexidade na medição deste parâmetro pelo fato de ser um conceito dinâmico e multidimensional, que abrange a exposição a riscos sociais e naturais, podendo ocasionar variabilidade de renda, de consumos e outras dimensões do bem-estar, incluindo tanto aspectos materiais quanto não materiais, como acesso aos serviços de saúde, educação e proteção social. Neste sentido, evidencia-se a necessidade de elencar indicadores que sejam capazes de evidenciar situações de vulnerabilidade dos elementos expostos em áreas de risco. O recorte deste artigo se faz com ênfase nos processos perigosos de inundações, enxurradas e movimentos de massa.

2. OBJETIVO

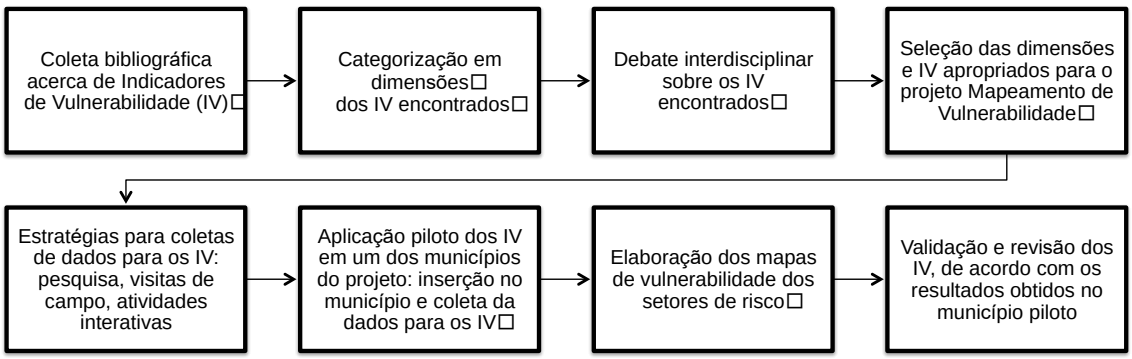
Baseado na metodologia desenvolvida para o Projeto *Mapeamento de Vulnerabilidades de Áreas Suscetíveis a Deslizamentos e Inundações em 8 Municípios Gaúchos,* para a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), financiado pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres do Ministério da Integração Nacional (CENAD/MI) e conduzido pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal do Rio Grande do

Sul (CEPED/RS-UFRGS), o objetivo do presente artigo é refletir sobre as diversas dimensões relacionadas à vulnerabilidade de desastres e apresentar um conjunto de indicadores capazes de mensurar qualitativamente o grau de fragilidade dos elementos expostos em relação aos processos perigosos de inundação, enxurrada e movimento de massa. Além disso, o artigo também fará uma reflexão de como estes indicadores poderão contribuir no planejamento de políticas públicas e ações locais para reduzir os impactos gerados pela ocorrência de desastres.

3. MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com o método estabelecido para o desenvolvimento dos Indicadores de Vulnerabilidade (IV) e da discussão proposta para este artigo, o debate se estabelece em torno do processo adotado para o seu desenvolvimento, conforme apresenta a Figura 01. A discussão é gerada desde o levantamento de indicadores obtidos em uma ampla revisão bibliográfica e aplicados no projeto Mapeamento de Vulnerabilidades, desenvolvido pelo CEPED/RS-UFRGS para a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC).

Figura 1. Processo adotado para o desenvolvimento da metodologia, através de IV



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Antecedentes

Após dez anos de tramitação, em 10 de julho de 2001 foi aprovada a Lei Federal Nº 10.257 (Estatuto da Cidade) que regulamenta a Política Urbana dos artigos 182 e 183 da Constituição Federal passando a vigorar em 10 de outubro de 2001. Esta lei assegura aos brasileiros o direito às cidades sustentáveis, o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte, aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as gerações presentes e futuras. Para tanto, torna-se necessário que os municípios apliquem os instrumentos de política urbana por meio do desenvolvimento e expansão urbana, através do Plano Diretor. O Estatuto da Cidade trouxe a tarefa de implementar uma gestão democrática, para a construção coletiva da cidade, além de aperfeiçoar e valorizar a capacidade técnico administrativa dos serviços públicos, através de processos participativos.

Em um contexto internacional, o intenso crescimento da população e sua consequente ocupação territorial desordenada e desigual, associada à pobreza nos territórios mais suscetíveis a desastres naturais e à degradação ambiental do planeta, provocou um amplo debate que envolve as temáticas de desenvolvimento, meio ambiente e proteção à vida. A partir dessa discussão, os

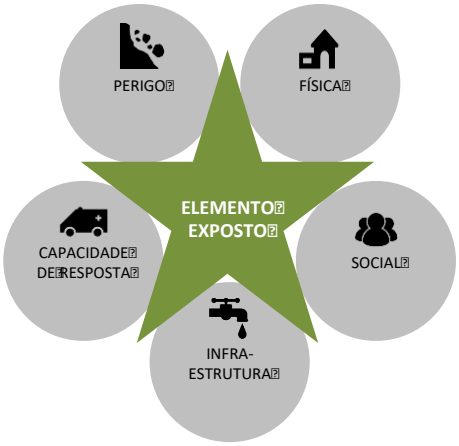
Estados membros das Nações Unidas, do qual o Brasil é signatário, se comprometeram com a elaboração de ações para a redução de riscos de desastres e com a busca de um caminho para diminuir as vulnerabilidades frente às ameaças. O Marco de Ação de Hyogo (UNISRD, 2005), com vigência de 2005 a 2015, confirmado e incrementado posteriormente pelo Marco de Sendai (UNISRD, 2015), com vigência de 2015 a 2030, se configuram como instrumentos internacionais para a implementação da redução de riscos de desastres e aumento da resiliência local das nações e comunidades frente aos desastres. O Marco de Ação de Hyogo, institui a necessidade de engajamento de toda sociedade na questão dos riscos de desastres, assim como no aumento da resiliência das comunidades. Já o Marco de Sendai enfatiza a necessidade de empoderamento das comunidades através da implementação de processos participativos inclusivos.
Mais adiante, em 2012, a Lei Federal Nº 12.608 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que promove alterações no Estatuto da Cidade, como agregar a obrigatoriedade de elaboração dos Planos Diretores aos municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos. Alinhada a esta demanda, Carvalho (2015) defende que, além dos requisitos genéricos da Lei 10.257/01, estes municípios deverão prever em seus Planos Diretores ações, tais como: parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, buscando promover diversidade de usos; mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência dos processos perigosos; planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população em áreas de risco de desastre; medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres; e diretrizes para regularização fundiária.
Para atender às significativas demandas referentes ao tratamento do território, alinhadas tanto ao Estatuto da Cidade quanto aos Marcos de Hyogo e Sendai e à PNPDEC, percebe-se a necessidade de implementar estratégias para subsidiar o processo de tomada de decisões e implementação de políticas públicas assertivas para a alocação de recursos, sobretudo no que se refere à gestão de riscos de desastres em áreas de risco às comunidades. Sob este ponto de vista, a redução de riscos de desastres, estabelecida pelo Marco de Ação de Hyogo e pelo Marco de Sendai, percebeu-se a necessidade de se definir parâmetros para o diagnóstico dos problemas que ameaçam os elementos expostos em um território. Assim, indicadores das vulnerabilidades de um território se mostraram como uma estratégia apropriada para preencher esta necessidade.

4.2 Indicadores de Vulnerabilidade

Entendendo-se que a vulnerabilidade possa indicar uma condição preexistente que faz com que um dado elemento exposto possa ser afetado por uma situação específica de desastre, de caráter natural ou antrópico, o grau de vulnerabilidade amplia ainda mais a sua multidimensionalidade, já que a magnitude do impacto de um evento extremo é mensurada, direta ou indiretamente, a partir das perdas, danos e destruições gerados em todos os aspectos da vida de uma comunidade. Sendo assim, as dimensões da vulnerabilidade a desastres estão intrinsecamente ligadas aos aspectos ambientais e sociais da população, físicos das construções, da infraestrutura local, da capacidade de resposta, entre outros. Para isto, é importante considerar cada situação e o tipo de processo perigoso envolvido. Desta maneira, a avaliação da vulnerabilidade deve estar associada à avaliação de distintos indicadores relacionados às possíveis perdas de cada dimensão específica. Para tanto, mostrou-se necessária a construção de indicadores robustos e direcionados para o mapeamento das vulnerabilidades em áreas suscetíveis aos processos perigosos considerados neste artigo - inundações, enxurradas e movimentos de massa - para que possam subsidiar a orientação na implementação de políticas públicas.

Uma vez que Indicadores de Vulnerabilidade (IV) possam ser entendidos como ferramentas de medição de aspectos de interesses específicos que estejam relacionados à vulnerabilidade frente às ameaças de processos perigosos (SILVA FILHO et al, 2015), o processo apresentado na Figura 1 deste artigo apresenta suas fases. Foi necessária uma ampla revisão bibliográfica de publicações nacionais e internacionais, em que foram levantados 204 indicadores de vulnerabilidade, para atender as mais diversas demandas. Esses IV foram categorizados em 15 dimensões, conforme listado a seguir: social; ambiental; econômica; saúde; educação; capacidades; infraestrutura; governança; institucional; tecnológica; geológica; geográfica; meteorológica; impacto de desastre; e habitat. Entretanto, muitas dessas categorias se mostraram não muito apropriadas ou relevantes ao contexto dos processos perigosos considerados no Projeto Mapeamento de Vulnerabilidades - inundações, enxurradas e movimentos de massa - assim como aos 8 municípios gaúchos participantes deste projeto - Sapucaia do Sul, Novo Hamburgo, Rolante, Igrejinha, Encantado, Estrela, São Lourenço do Sul e Capão do Leão. Portanto, de acordo com consensos chegados através de debates interdisciplinares entre membros do CEPED/RS-UFRGS - pesquisadores e especialistas em assuntos correlatos ao tema de desastres decorrentes de processos perigosos em questão - subsequentes a este levantamento, ficou definido que, para o Projeto *Mapeamento de Vulnerabilidades de Áreas Suscetíveis a Deslizamentos e Inundações em 8 Municípios Gaúchos* foram identificadas 5 dimensões a serem consideradas, levando em consideração os elementos expostos do território, como mostra a Figura 2: física; social; infraestrutura; capacidade de resposta; e perigo. A dimensão física se mostra fundamental para a avaliação dos aspectos das construções expostas aos processos perigosos em questão. A dimensão social se mostra necessária para avaliar as condições de fragilidades sociais das pessoas que ocupam as áreas de risco. A infraestrutura se evidencia pela qualificação do tratamento urbano que interferem no desencadeamento de processos perigosos e no enfrentamento das situações adversas. A capacidade de resposta apresenta como as organizações locais e institucionais estão preparadas para responder e atravessar as calamidades. Já dimensão perigo cumpre as questões dos processos perigosos em si que ameaçam as populações das áreas de risco.

Figura 2. Dimensões de vulnerabilidade dos elementos expostos



Com o intuito de subsidiar as 5 dimensões designadas para esta metodologia, 11 Indicadores de Vulnerabilidade (IV) foram definidos, de acordo com as demandas estabelecidas para o projeto Mapeamento de Vulnerabilidades. O Quadro 1 mostra as justificativas de cada IV para a sua

inclusão nesta metodologia. Os IV selecionados são apresentados a seguir: IV01) aspectos construtivos; IV02) capacidade de mobilidade/autonomia de pessoas; IV03) nível de pobreza; IV04) alocação dos serviços públicos; IV05) saneamento básico; IV06) condições dos acessos; IV07) capacidade de resposta local; IV08) capacidade de resposta institucional; IV09) distância do perigo; IV10) cota de inundação; e IV11) área de abrangência da enxurrada. A construção dos IV se estrutura de forma a contemplar os aspectos que pudessem potencializar ou minimizar os danos causados na ocorrência dos processos perigosos envolvidos.

Quadro 1. Relação justificada de IV definidos para a metodologia estruturada para atender ao projeto Mapeamento de Vulnerabilidades e respectivos enquadramento nas dimensões adotadas

Código	Indicador	Justificativa	Dimensão
IV01	Aspectos construtivos	Capacidade dos elementos expostos quanto à robustez frente à ocorrência de processos perigosos, já que que muitas das áreas de risco são assinaladas por assentamentos informais. Suas características podem potencializar a magnitude de um desastre.	Física
IV02	Capacidade de Mobilidade/Autonomia de Pessoas	Identificar pessoas que tenham dificuldade de mobilidade ou que dependam de outras pessoas para serem deslocadas para áreas seguras ou abrigos em caso de emergências.	Social
IV03	Nível de Pobreza	Medir a qualidade de vida das famílias, relacionada à renda domiciliar. Reflete na alfabetização, saúde, assim como na capacidade de contribuir com medidas preventivas para enfrentarem situações de desastre.	
IV04	Alocação de Serviços Públicos	Avalia se os serviços públicos estão ou não dentro das áreas de risco. Deve ser pensada de forma a garantir o seu bom funcionamento em situações de calamidade, quando cumprem papel fundamental para a retomada das funções básicas, no sentido de garantir atendimento às populações afetadas.	Infraestrutura
IV05	Saneamento Básico	Identificar a existência e o funcionamento dos serviços de redes de água, esgoto, coleta de lixo e drenagem das águas pluviais. A inexistência ou ineficiência do saneamento básico pode potencializar a magnitude dos impactos gerados pelos desencadeamento de processos perigosos. Sistemas irregulares de água ou esgoto podem favorecer à saturação do solo, catalisando processos de deslizamento. O acúmulo de lixo e entulho podem acarretar no entupimento da rede e tornar ineficaz a drenagem, potencializando inundações e enxurradas.	
IV06	Condição dos Acessos	Relacionado com a necessidade de rotas apropriadas aos casos de emergência, permitindo o acesso dos órgãos responsáveis pela resposta aos desastres (defesa civil, bombeiros, ambulâncias, etc.), medindo a capacidade de atendimento aos auxílios e doações (abastecimento de alimentos, roupas, medicamentos), pois acessos são entendidos como vias de circulação de pessoas, veículos e produtos que contribuam com o funcionamento das áreas ocupadas pelas populações.	

IV07	Capacidade de Resposta Local	Mede a capacidade de enfrentar localmente os impactos gerados pelos processos perigosos que ameaçam a comunidade. Organizações ou associações podem estabelecer redes de ajuda mútua, ampliando o conhecimento e a busca de soluções para problemas relacionados aos processos perigosos.	Capacidade de resposta
IV08	Capacidade de Resposta Institucional	Capacidade de o município planejar ações sistêmicas nas fases de prevenção, mitigação, preparação às ameaças, resposta aos eventos extremos, bem como a recuperação após um desastre. A capacidade de resposta institucional, sobretudo através da Coordenação Municipal de Proteção e Defesa Civil, tem o papel de participar ativamente da segurança da população em casos de eventos extremos. A capacidade técnica, a suficiência de recursos físicos e humanos, bem como a integração dos diferentes setores públicos, são fundamentais para garantir um atendimento adequado em todas as fases da gestão de risco.	
IV09	Distância do Perigo	Relacionado à suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa. Supre a necessidade de hierarquização em função da proximidade ou não das construções ao impacto direto dos movimentos de massa que ameaçam a comunidade.	Perigo
IV10	Cota de Inundação	Mede o grau de exposição da construção quanto aos perigos de inundação no contexto urbano onde está inserida. Refere-se à altura do maior nível em que água já tenha chegado em algum desastre. Identificar os níveis atingidos pela água no passado.	
IV11	Área de Abrangência da Enxurrada	Enxurradas são caracterizadas quando a inundação recebe energia de transporte e assumem um poder destrutivo ainda maior. Mede a abrangência da pior ocorrência na área para identificar construções mais ameaçadas. Faixa em que as construções possam ser afetadas diretamente pelas enxurradas,	

Os IV funcionam como ferramentas de diagnóstico para que os gestores públicos possam tomar decisões e traçar diretrizes quanto à adoção de políticas públicas para minimizar os impactos de um desastre, podendo serem elas medidas estruturais e/ou não estruturais. Por se tratar de uma ferramenta de diagnóstico, os IV não são valores fixos, mas dinâmicos que, com o passar do tempo, podem sofrer variações de acordo com o desenvolvimento de novas políticas públicas, realização de obras ou empoderamento das comunidades. A classificação da vulnerabilidade, gerada a partir dos IV, é apresentada através de mapas de vulnerabilidade relacionados aos processos perigosos existentes nos setores de risco estabelecidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Ainda que não venhamos a dissertar o desdobramento desses IV, para ir mais fundo nas questões contempladas para estabelecer um mapeamento das vulnerabilidades para diagnosticar as áreas de risco dos municípios contemplados neste projeto, os IV elencados ainda foram destrinchados em 35 sub-indicadores, que não são detalhados neste artigo pelas limitações de espaço, porém poderão ser conhecidos através dos relatórios técnicos, produtos do projeto Mapeamento de Vulnerabilidades. Para a classificação qualitativa, foram adotados três níveis de vulnerabilidade, com cores adotadas para serem pintadas nos mapas, conforme a seguir: baixa, na cor verde;

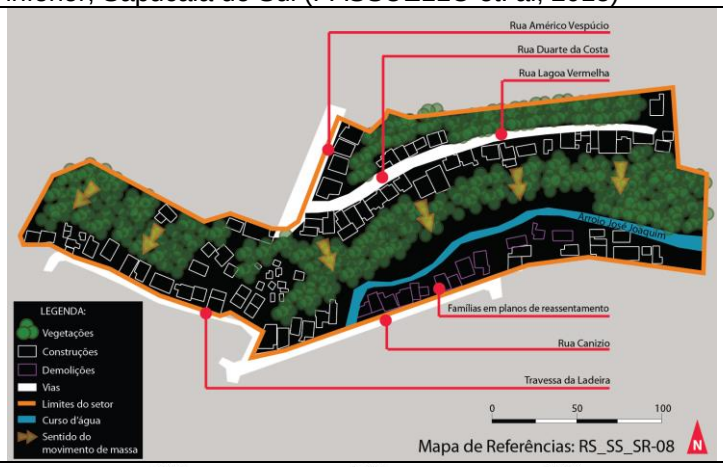
média, em amarelo; e alta, em vermelho. Tendo os IV elencados, foi necessária definir estratégias de sensibilização e inserção nos municípios através de atividades feitas com diversos setores da sociedade, relacionados às áreas de risco, definidas como Setores de Risco (SR), descritas a seguir: 1) sensibilização da gestão local; 2) reconhecimento dos setores de risco; 3) atividade participativa com a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC); 4) atividade participativa com os agentes comunitários de saúde; 5) atividade participativa sobre o território; 6) atividade participativa com atividades com o social e a educação municipal; 7) atividade participativa com moradores dos SR; 8) atividade participativa para avaliação técnica de campo; e 9) devolutiva.

As orientações foram previamente definidas para a coleta de dados das áreas de risco dos municípios contemplados pelo projeto mapeamento, assim como as atividades definidas deveriam acontecer. A validação da metodologia adotada para o mapeamento de vulnerabilidades foi feita através de sua aplicação piloto no município Sapucaia do Sul (PASSUELLO et. Al, 2015), que recebeu a primeira aplicação dos IV que subsidiou a elaboração do Mapeamento de Vulnerabilidades. Como exemplo da aplicação da metodologia neste município, expomos o SR-08 no Quadro 2, que apresenta uma área sujeita a deslizamento, queda de blocos e árvores ao norte do polígono, há sinais de deslizamento na encosta no interior do polígono delimitado pelo CPRM. O arroio José Joaquim, está em processo de revitalização que segue até a BR-116. Muitas famílias que tinham casas às margens do arroio estão em processo de realocação desde 2009. O extremo oeste já foi atingido por enxurrada, quando entrou água na maioria das casas e desceu um grande volume de água pela Américo Vespúcio ao encontro do arroio, que já registrou muitas ocorrências de transbordamento. O mapa gerado por IV confirma as vulnerabilidades deste setor.

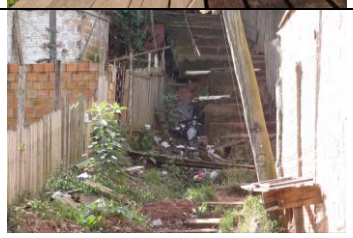
Quadro 2. Imagens da visita expedita ao SR-08 na coluna à esquerda, mapa de referência à direita superior e mapa de vulnerabilidade efetiva à direita inferior, Sapucaia do Sul (PASSUELLO et. al, 2015)

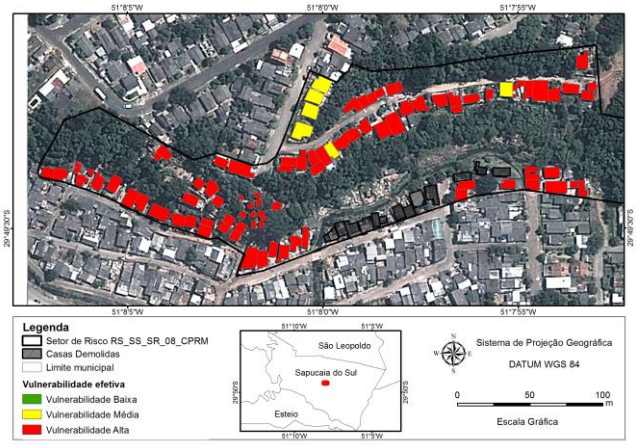












Findada a aplicação dos IV e a elaboração dos mapas de vulnerabilidade no município piloto deste projeto, ajustes foram feitos na metodologia para a sua reaplicação nos demais municípios contemplados por este projeto. Em uma devolutiva pública para cada um dos municípios, os resultados do diagnostico foram discutidos com os interessados no projeto e apresentadas as recomendações registradas nos relatórios, para orientar as políticas públicas subsequentes, visando a redução de riscos de desastres no enfrentamento de eventos extremos futuros.

5. CONCLUSÃO

O mapeamento de vulnerabilidades feito através de IV definidos por esta metodologia foi aplicado nos setores de risco localizados nos 8 municípios do Estado do Rio Grande do Sul. Dessa maneira, permite-se conhecer as reais fragilidades das áreas de risco e das comunidades no enfrentamento das adversidades relacionadas à ocorrência de desastres relacionados aos processos de inundação, enxurrada ou movimentos de massa. A utilização dos diagnósticos levantados através deste produto se faz estratégica para uma implementação mais assertiva de medidas estruturais e/ou não estruturais voltadas a prevenir e/ou mitigar o impacto dos processos perigosos. Portanto, o resultado do mapeamento possibilita elencar recomendações para qualificação da gestão de risco no âmbito das políticas públicas municipais.

AGRADECIMENTOS
Os autores agradecem ao Ministério da Integração Nacional, à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEPDEC), ao Centro Nacional de Gerenciamento de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), à Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento à pesquisa e às bolsas de pesquisa. Agradecem ainda ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC - UFRGS), ao Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/RS), ao Grupo de Pesquisa em Gestão de Risco (GRID) e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pelo suporte oferecido. Também agradecemos aos municípios que contribuíram com apoio ao processo do desenvolvimento do Projeto *Mapeamento de Vulnerabilidades de Áreas Suscetíveis a Deslizamentos e Inundações.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, M.; CASTRO, M. G.; PINHEIRO, L. C.; et.al. Juventude, violência e vulnerabilidade social na América Latina: desafios para políticas públicas. Brasília: UNESCO, 2002.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de Julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 29 ago. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 29 ago. 2016.

CARVALHO, Délton Winter de. Instrumentos de prevenção a desastres: as medidas não estruturais e a construção de cidades resilientes. Revista Novos Estudos Jurídicos, Vol. 20 - n. 1 - jan-abr, p.34-58, 2015. Disponível em: <http://siaiap32.univali.br/seer/index.php/nej/article/viewFile/7194/4090>. Acesso em: 19 out. 2016.

KUHLICKE, Christian; STEINFÜRER, Kuhlicke (eds.). Knowledge Inventory – State of the art of natural hazards research in the social sciences and furthers research needs for social capacity building. Leiptzig: UFZ, 2010

PASSUELLO, A.; GIAZZON, E. M. A.; FIGUEIREDO, I. A.; SILVA FILHO, L. C. P. Mapeamento de Vulnerabilidade de Áreas Suscetíveis a Deslizamentos e Inundações: Sapucaia do Sul. 2015. Relatório técnico. UFRGS/CEPED-RS. Porto Alegre, 2015.

SAITO, S. Desastres Naturais e Geotecnologias: Vulnerabilidade. Caderno Didático No 6. INPE, 2011.

SILVA FILHO, L. C. P.; PASSUELLO, A.; GIAZZON, E. M. A.; FIGUEIREDO, I. A. Mapeamento de vulnerabilidade de áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações: Metodologia. Relatório técnico. UFRGS/CEPED-RS. Porto Alegre, 2015.

UNISRD, 2005. Marco de Ação de Hyogo 2005-2015: Aumento da Resiliência das nações e das comunidades. Traduzido pelo Escritório das Nações Unidas no Brasil da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/cidadesresilientes/pdf/mah_ptb_brochura.pdf> Acesso em: 29 ago. 2016.

UNISRD, 2015. Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030. Versão em Português não-oficial – 31 de maio de 2015. Disponível em: <https://unisdr-cerrd.wikispaces.com/1.+O+Marco+de+Sendai+para+a+Redução+do+Risco+de+Desastres+2015-2030> Acesso em: 15 out. 2016.

463. INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE CASA COM PAREDES DE CONCRETO DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

MORAGA, Gustavo[1](g.longaray@gmail.com); CRUZ, Igor[1] (igormmagno@hotmail.com); TORRES, Maurício[2] (mauriciotorres.net@gmail.com); KIRCHHEIM, Ana Paula[1] (anapaula.k@gmail.com); PASSUELLO, Ana [1] (ana.passuello@ufrgs.br)*
[1]Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil
[2]Sustentativa – Sustentabilidade e eficiência na edificação, Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
O setor de edificações tem grande potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, principalmente pelo seu intenso consumo energético. O consumo de energia edificações pode ser dividido em dois tipos, Energia Incorporada por materiais de construção, seja inicialmente ou em manutenções, e Energia Operacional, com uso energético para o funcionamento da edificação. Atualmente, as principais políticas nacionais de eficiência energética em edificações estão focadas no racionamento e uso consciente de energia durante a fase operacional. Mesmo assim, para produção de materiais de construção, construção e demolição dos edifícios são necessários processos energéticos muitas vezes não contabilizados. Além disso, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) executou edificações que muitas vezes não cumprem com boas práticas de desempenho térmico, podendo gerar importante consumo de energia por uso de condicionamento ativo. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é contabilizar os impactos energéticos potenciais associados ao ciclo de vida de uma residência padrão do PMCMV, cujo projeto foi repetido mais de 700 vezes. A metodologia utilizou os princípios da série NBR ISO 14.040, criando cenários de manutenção, de acordo com requisitos mínimos e superiores para durabilidade constantes na NBR 15.575. Além disso, foram também realizados cenários de uso de energia elétrica na fase operacional. Os consumos energéticos totais podem variar de 1721 e 1065 GJ dependendo do cenário de manutenções ou operação utilizado, sendo que a recorrência de manutenções pode representar até 68% de toda a energia incorporada em materiais de construção. O resultado deste trabalho elucida os consumos energéticos associados às diferentes fases do CV da edificação, e poderá servir como fortalecedor de políticas de menor consumo energético em uma visão de ciclo de vida nas edificações para o PMCMV.
Palavras-chave: Avaliação de Ciclo de Vida, Desempenho térmico, Ciclo de Vida Energético.

LIFE CYCLE ENERGY INVENTORY OF DWELLING WITH CONCRETE WALLS FROM MY HOUSE MY LIFE PROGRAM

ABSTRACT
Buildings sector has the most potential for delivering cost-effective greenhouse effect reduction, especially because the sector is energy intensive. Buildings energy consumption can be described as, Embodied Energy by construction materials, consumed for materials manufacturing and construction or renovations, and Operational Energy, for meet energy buildings needs as illumination, air conditioning and other appliances. Nowadays, energy efficiency national policies in buildings focus on rationing energy during operational phase. However, energy is needed for other phases often not considered, as materials manufacturing and transportation, buildings construction

and demolition. Furthermore, My House My Life Program (PMCMV) has implemented houses that not always comply with national regulations on thermal standards, which can deliver more energy consumption by artificial air conditioning. All things considered, the aim of this paper is compute potential energy impacts of a house life cycle form PMCMV, which the project was used more than 700 times. Methodology is based on NBR ISO 14.040/44, considering renovation scenarios, according minimal and superior performance presented by NBR 15.575. Additionally, scenarios on electricity use were tested on operational phase. Total energetic consumption can vary from 1721 and 1065 GJ depending on tested scenarios for operational and renovation, being that, frequency on maintenance can represent up to 68% of all embodied energy on construction materials. Result of this study elucidate energetic consumption on buildings life cycle phases, hence it can help for less consumption polices in whole life cycle thinking for PMCMV.
Keywords: Life Cycle Assessment; Thermal performance; Life Cycle Energy Analysis

1. INTRODUÇÃO

O setor de edificações, considerando construção e uso, é responsável por 40% de todo o consumo energético mundial, ou aproximadamente 30% das emissões mundiais de gases de efeito estufa relacionadas ao uso de energia(DEAN et al., 2016). Essa importante demanda energética o torna o setor com maior potencial para diminuições de gases de mudança climática (UNEP, 2009), já que tem condições para diminuir seu consumo energético pela metade até 2050 (DEAN et al., 2016).

Considerando os impactos gerados pelo uso de edificações, o consumo energético é um dos agentes mais importantes. Somente o uso de edifícios residenciais e comerciais participa com 70% de todo o consumo mundial de eletricidade (U.S.DOE, 2015). Segundo o Departamento de energia do Estados Unidos da América, grande parcela do consumo residencial ocorre por condicionamento ambiental dos edifícios.

No Brasil, embora as características climáticas sejam diferentes, o consumo energético com condicionamento térmico representa 20% do consumo residencial nacional, segundo o último levantamento de Hábitos e Consumo de Energia Elétrica (PROCEL, 2007). Ainda que este estudo demonstre baixa presença de aparelhos de condicionamento de ar em edificações de baixa renda, estudos mais recentes inferem a possiblidade de que, com o aumento de dias quentes pelo efeito do aquecimento global e maior poder de compra de populações de menor renda, o uso destes aparelhos no Brasil poderá superar o uso nos Estados Unidos da América, que é o maior consumidor mundial de energia com condicionamento (SIVAK, 2013).

As habitações sociais no Brasil foram amplamente incentivadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). De 2009 até 2016 foram construídas de mais de 2,3 milhões de unidades habitacionais e, embora o programa esteja pausado, pouca atenção governamental foi dada à participação do impacto energético dessas habitações sociais. Na medida em que o PMCMV seja retomado, ou outros sejam criados para resolver o déficit habitacional brasileiro, é relevante que o impacto ambiental e energético dessas edificações seja quantificado.

Neste sentido, estratégias de mensuração de eficiência em edificações, como etiquetagem energética residencial, têm auxiliado na redução do consumo de energia em diversos países. No Brasil, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), regulamento pelo Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e pela política nacional de conservação e uso racional de energia (Lei 10.295, 2001), lançou em 2004 a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edifícios. A adesão da etiqueta ainda é voluntária para o setor residencial e comercial, mas desde 2014 é compulsória para edifícios públicos federais.

Embora as etiquetas de eficiência energética sejam importantes para a quantificação do consumo direto de energia durante a fase de uso dos edifícios, diversos autores afirmam que a energia utilizada para produção do edifício, conhecida como incorporada, pode representar parcela significativa no ciclo de vida das edificações (HEINONEN et al., 2016; RAMESH; PRAKASH; SHUKLA, 2010; SARTORI; HESTNES, 2007). Além disso, em edificações energeticamente mais eficientes, a parcela da energia incorporada tende a ser tão importante ou mais que a energia operacional, por conta dos materiais utilizados para aumento de isolamento ou geração de energia (CABEZA et al., 2014; DIXIT et al., 2010; HEINONEN et al., 2016; SARTORI; HESTNES, 2007).

Diversos autores desenvolveram pesquisas acerca de Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE) em residências e internacionalmente existem pesquisas desde meados dos anos 1990.

Ortiz-Rodríguez, Castells, Sonnemann (2010) avaliando diversos impactos ambientais em uma residência no Mediterrâneo europeu e outra no Colômbia, concluem que a etapa operacional pode englobar de 85 à 95% dos impactos quanto é considerado condicionamento mecânico do ar, para o caso europeu. Já no caso sul americano, não considerando arrefecimento ou aquecimento, os impactos da etapa operacional podem cair para até 65%, demonstrando que os impactos incorporados podem ter importante representação no ciclo de vida das edificações.

Em sentido similar, Hammond e Jones (2008), avaliando a energia e carbono embutido em edificações, afirmam que existe um típico *trade-off* entre energia incorporada em materiais de construção e energia operacional. Quanto maior a qualidade de isolamento térmico, especialmente em climas frios, menor será o uso com métodos ativos de condicionamento ao longo da fase operacional. Mesmo assim, ainda como afirmam os autores, a partir de um determinado ponto de energia incorporada, não existem mais diminuições importantes de energia operacional.

Ramesh, Prakash e Shukla (2010), em revisão sobre o ciclo de vida energético de diversas edificações em 13 países, demonstraram que edificações autossuficientes em energia podem ter um consumo total ao maior ou igual à edificações de baixo consumo energético. Nesse resultado é considerado o ciclo energético incorporado em materiais e equipamentos de geração de energia. Para estes autores, a energia total anual de edificações residenciais varia em torno de 540-1440 MJ/m^2.

Houveram algumas pesquisas brasileiras que envolveram ACVE. Tavares (2006) desenvolveu um metodologia para análises energéticas em edificações residenciais brasileiras, onde apresenta também um banco de dados sobre energia embutida dos principais materiais de construção utilizados no Brasil. Paulsen e Sposto (2013) fizeram a ACVE em um estudo de caso de um edificação térrea unifamiliar de dois dormitórios do PMCMV. Silva (2012) utilizando a metodologia proposta por Tavares (2006) para a ACVE em edificações de interesse social financiadas pelo banco Caixa. Embora os resultados totais entre os autores sejam similares, existe grande variação na distribuição de cada etapa analisada, que são posteriormente descritos no capítulo de Resultados e discussão.

Além disso, para os autores nacionais citados, o uso de energia elétrica para operação das edificações ao longo do ciclo de vida foi baseado em estimativas médias de consumo de energia. Embora essa metodologia não esteja equivocada, ela não considera características intrínsecas dos materiais para promover a qualidade do ambiente interno. Considerando que houve estimulo governamental ao maior acesso da população à equipamentos eletrodomésticos[28], inclusive de condicionamento de ar, é importante que seja também considerada a possiblidade de climatização

[28] Com por exemplo o Programa Minha Casa Melhor, financiamento disponibilizado pela CAIXA à moradores do PMCMV.

artificial em ACVE. Simulações termo-energéticas têm sido utilizadas por diversos autores com o propósito de mensurar o consumo energético em trabalhos de ACV (MONTEIRO; FREIRE, 2012; ORTIZ-RODRÍGUEZ; CASTELLS; SONNEMANN, 2010; RODRIGUES; FREIRE, 2014).
Mesmo que o uso indireto de energia, embutido em materiais de construção, contribua com o consumo energético nacional, ele não é levado em consideração para eficiência energética de edifícios. Dessa forma o objetivo deste trabalho é quantificar os impactos energéticos associados ao ciclo de vida de uma casa do PMCMV, apresentado cenários de manutenção de materiais de construção e uso de energia com condicionamento artificial, numa análise do berço ao túmulo.

2. MÉTODOLOGIA DE PESQUISA

Existem internacionalmente divergências sobre o método de avaliações energéticas das edificações (DIXIT; CULP; FERNÁNDEZ-SOLÍS, 2013). Mesmo que todos utilizem por base a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida, normalizado pelas ISO 14.040 e ISO 14.044, conceitos específicos de quantificações energéticas variam. Frequentemente, o consumo energético em edificações inclui energia incorporada (EI) e energia operacional (EO), o que segundo Dixit et al. (2010), podem ser definidas como:

a. EI: energia sequestrada por edifícios em todas as os processos de produção, construção do edifício, renovações, demolição e descarte;
b. EO: energia gasta na manutenção do ambiente interno das edificações durante seu ciclo de vida, com climatização, iluminação e operação de equipamentos, além de cocção.

Nesse mesmo sentido, em dimensionamento mais detalhado, Dixit et al. (2010) define que a EI é composta por energia direta e indireta. A direta é aquela proveniente de: transporte; maquinário de construção e outros processos administrativos. Já a indireta pode ser a energia inicial, recorrente ou de demolição. A EI inicial é aquela formada pelos processos de extração, manufatura dos materiais e transporte entre essas etapas. Já a recorrente provém de renovações e manutenções da edificação ao longo do ciclo de vida.
De forma aplicada, o entendimento do uso de energia no ciclo de vida das edificações pode ser expresso pela Equação 1:

$$E = EI_i + EI_r + EI_{Dem} + EI_{Dir} + EO \qquad (1)$$

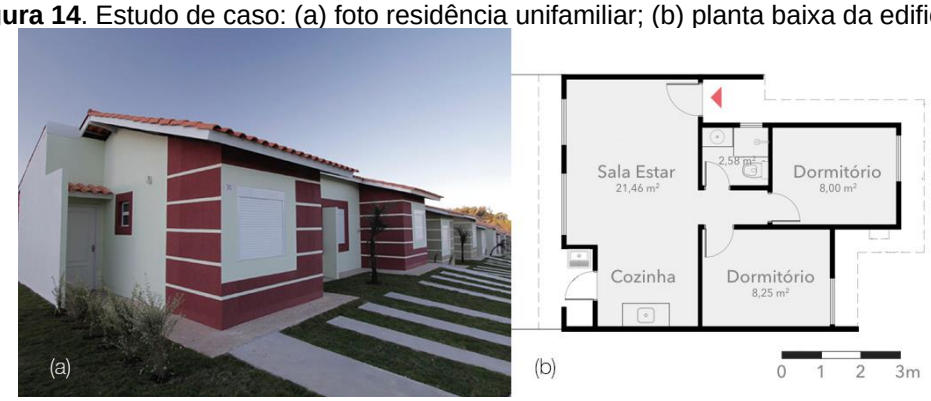
Onde: EI_i é a energia incorporada inicial por materiais de construção; EI_r é a energia incorporada recorrente por manutenções ao longo do ciclo de vida; EI_{Dem} é a energia necessária para a demolição e disposição ao final do ciclo de vida; EI_{Dir} é a energia para transporte dos materiais de construção e de uso direto na construção do edifício; por fim, EO é a energia utilizada para operação ao longo do ciclo de vida, incluindo iluminação, uso de equipamentos, condicionamento de ar e energia de cocção.
O método de pesquisa segue as definições da NBR ISO 14040/44 (ABNT, 2009a, 2009b), porém avaliando somente os consumos (demanda) energéticos. As definições específicas de consumo energético seguem a metodologia proposta por Dixit et al. (2010). Os resultados apresentados são os da fase de inventário de energia primária.

2.1 Descrição da edificação do PMCMV

Um modelo real de edificação do PMCMV foi utilizado para inventariar e quantificar os materiais de construção utilizados na pesquisa. Além disso, esse modelo foi também utilizado como referência para simulações térmicas na quantificação de consumo de energia ao longo da fase de

uso. Trata-se de uma edificação térrea com 44,5 m², composta por dois dormitórios, sala e cozinha integrada e um banheiro, implantada em condomínio na cidade de Alvorada, região metropolitana de Porto Alegre. Na Figura 14 são apresentadas foto e planta baixa da edificação.

Figura 14. Estudo de caso: (a) foto residência unifamiliar; (b) planta baixa da edificação



Fonte: (a) disponibilizado pela construtora; (b) elaborado pelo autor com dados da construtora

A edificação foi construída com fundação de concreto tipo *radier*, paredes de concreto armado tendo 10 cm externamente e 8 cm internamente. As paredes recebem revestimento externo com tinta acrílica e interna com pasta de gesso e tinta PVA. O piso é do tipo cerâmico esmaltado em todos os ambientes. A cobertura é composta por telhas cerâmicas tipo romana, sendo apoiadas sobre estrutura metálica e lateralmente sobre os oitões das paredes. As esquadrias são externamente em alumínio anodizado, e internamente as portas são semi-ocas de madeira. Os quantitativos de materiais são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Inventário quantitativo de materiais de construção, distâncias de transporte e cenários para taxas de substituição

Elemento	Descrição	Quantidade (kg)	Repres. mássica (%)	Transp. (km)	Taxas substituição C1	C2	C3
Fundação	Concreto 20 Mpa	14398,00	29,86%	50	0,00	0,00	0,00
	Tela de Aço	156,26	0,32%	150	0,00	0,00	0,00
Paredes	Concreto 20 Mpa	26082,00	54,10%	40	0,00	0,00	0,00
	Tela de Aço	223,80	0,46%	150	0,00	0,00	0,00
	Pasta de gesso	1110,15	2,30%	100	2,85	1,50	3,17
	Tinta Acrílica	18,04	0,04%	100	5,25	3,17	5,25
	Tinta PVA	39,03	0,08%	100	15,70	11,5	3,17
Piso	Cerâmica esmaltada	929,50	1,93%	100	2,85	1,50	0,68
	Argamassa colante	10,00	0,02%	80	2,85	1,50	0,68
Forro	Gesso acartonado	366,86	0,76%	100	5,25	3,17	0,00
	Pasta de gesso	366,15	0,76%	100	2,85	1,50	3,17
	Tinta PVA	10,92	0,02%	100	15,70	11,5	3,17
Cobertura	Telha cerâmica	3525,24	7,31%	80	2,85	1,50	0,46
	Perfis de aço	870,11	1,80%	150	1,50	0,67	0,00
Esquadrias	Alumínio anodizado	39,33	0,08%	100	1,50	0,67	1,09
	Vidro simples	42,50	0,09%	100	1,50	0,67	1,09
	Madeira	22,44	0,05%	100	5,25	3,17	1,09

As taxas de substituições são baseadas em valores prescritos pela NBR 15.575, com valores mínimos (C1) e superiores (C2); e em dados de Tavares (2006) (C3).

2.2 Definição de escopo e objetivo

O objetivo deste estudo é estimar o ciclo de vida energético de uma edificação residencial unifamiliar térrea do PMCMV, considerando manutenções e operação pelo período de 50 anos.
A unidade funcional (UF) é um importante conceito presente nas normas de ACV, pois serve como unidade de medida para a avaliação dos resultados, e também para possibilitar de comparações transparentes com outros estudos. Neste trabalho será utilizada a UF de uma residência unifamiliar do PMCMV com 4 habitantes pelo período de 50 anos, compreendendo dessa forma uma edificação do berço ao túmulo.

2.3 Inventário de Energia Incorporada

O inventário de energia foi construído com base em dados secundários. Levantamentos realizados por Tavares (2006) e Gonzalez et al. (2014) foram utilizados para EI_i e EI_r. Para dados de transporte foi considerado o uso de energia primária para caminhões do tipo Euro3 de 3 à 7,5 toneladas, conforme sugerido por Castro et al. (2015), as informações foram retiradas da base da dados internacional Ecoinvent 3.2 (WEIDEMA et al., 2013) e apresentam valores de 8,48 MJ/km.t. Para o consumo direto de energia em obra, E_{Dir} foi considerado apenas o transporte até a obra, já que normalmente para o tipo de construção em questão outros consumos diretos de energia são considerados insignificantes (PAULSEN; SPOSTO, 2013). As distâncias foram estimadas com base na localização do projeto e do ponto de indústrias e revendas. Outras informações sobre o inventário de dados estão dispostas na Tabela 13.

Tabela 13. Energia incorporada inicial em materiais de construção

Material	EI_i (MJ/kg)	Fonte	Material	EI_i (MJ/kg)	Fonte
Concreto	1,2	1	Gesso acartonado	4.5	1
Malha de aço	33	2	Perfis de aço	30	1
Gesso	4	1	Alumínio anodizado	210	1
Tinta	65	1	Vidro	18,5	1
Piso cerâmico	13	1	Madeira	3,5	1
Argamassa	2,1	1			

Fonte: elaborado com dados de (1) Tavares (2006); (2) Gonzalez et al. (2004).

De maneira a estimar possibilidades de manutenção e durabilidade dos materiais de construção ao longo do ciclo de vida da edificação, foram desenvolvidos três cenários de substituições. Dois cenários usam como balizamento o Anexo C da norma de desempenho em edificações habitacionais (ABNT, 2013) para Vida Útil de Projeto (VUP). Na norma são apresentadas idades mínimas de VUP para materiais e sistemas construtivos de desempenho mínimo (C1) e superior (C2). Outro cenário (C3) foi construído com dados de bibliográficos provenientes de Tavares (2006), com base em estimativas de fornecedores, na ausência de informações foram utilizados os valores de desempenho mínimo do cenário anterior. Dessa forma, os panoramas de EI_r abrangem valores de cumprimento normativo obrigatório, normativo de nível elevados e comparativo de literatura. Os cenários de substituição de materiais de construção foram apresentados na Tabela 12.
A energia de demolição e disposição é frequentemente não relevante em diversos estudos: 3,5% no trabalho de Paulsen e Sposto (2013); 3,3% para Silva (2012); e em variação de 1% à 5% em diversos fatores de impacto ambiental para Ortiz-Rodríguez, Castells, Sonnemann (2010). Foi considerado um fator fixo de 3,5% de energia primária do somatório de EI_i e EI_r.

2.4 Inventário de Energia Operacional

A EO foi estimada com base em simulação termo-energética realizada com auxílio da ferramenta *Energy Plus*. Foi considerada ocupação de uma família composta por 4 pessoas, dois adultos e duas crianças, que durante a semana ocupam a edificação das 0h às 9h e das 18h às 24h. Durante o final de semana a ocupação é constante. As taxas de energia secundária com iluminação e equipamentos são fixas em 10 W/m^2 cada, onde são dimensionados percentuais em função da taxa de ocupação. O uso com energia de cocção é constante e foi retirado da média *per capta* do BEN (EPE, 2016).

Foi considerado o uso de condicionadores de ar do tipo janela tanto para aquecimento quanto para arrefecimento. As zonas abrangidas pelo sistema são dormitórios e área social. Os consumos foram estimados tendo em vista três cenários de operação: o primeiro (A1) com utilização em todas as horas em que existe ocupação e a temperatura interna não está dentro da faixa de 21 ˚C à 24 ˚C; o segundo (A2) com o sistema funcionando na metade do período de A1; e o terceiro (A3) sem sistema de condicionamento artificial.

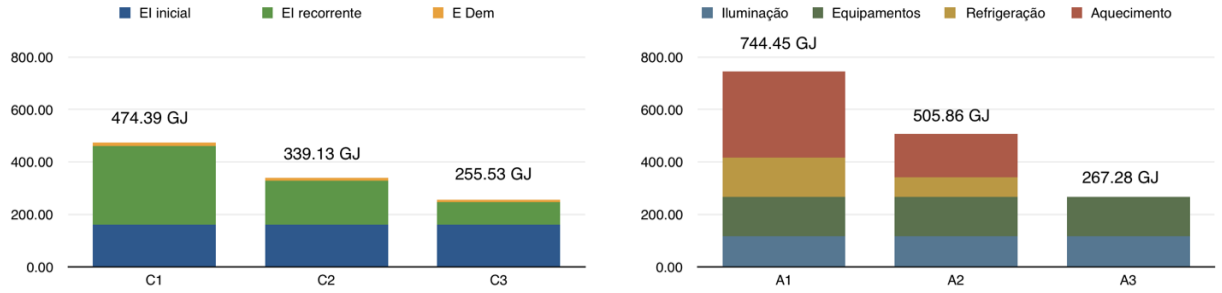
Os resultados finais apresentados são de energia primária. Dessa forma, a energia secundária foi convertida em primária de acordo com a matriz energética brasileira. O fator de 1,5042 foi calculado com base no BEN (EPE, 2016). Em inventário de 2003 do ciclo de vida da energia elétrica brasileira esse fator de conversão foi proposto como 1,6 (COLTRO; GARCIA; QUEIROZ, 2003) porém com a maior utilização de fontes fósseis para a geração elétrica no Brasil, é natural que essa diferença tenha diminuído ao longo da última década.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A EI_i pode ser estimada em 160,85 GJ, onde o transporte representa 21,39 GJ. Os cenários de manutenção tiveram resultado de EI_r de 299,47 para C1, onde o transporte é de 16,83 GJ. Já o cenário C2 foi de 134,53 GJ, sendo o transporte 9,0 GJ. Além desses, o C3 foi igual à 68,01 GJ, com transporte de 5,9 GJ. A E_{Dem} foi estimada em 14,01 GJ para C1, 10,34 GJ para C2 e 8,01 GJ para C3. A relação de EI é apresentado na Figura **15**.

O resultado de energia incorporada por materiais de construção em todas as fases, demonstra que o impacto recorrente pode ter uma variação de 63% a 18% dependendo do cenário de substituição. O maior uso de energia em C1 deve-se essencialmente ao baixo requisito de VUP de projetos da NBR 15.575, já que permite que alguns sistemas, como o de pintura tenham durabilidade mínima de apenas 3 anos. Especificamente no caso das repinturas, mesmo o requisito superior da norma de desempenho permite durabilidade baixa, com no mínimo 4 anos. A possibilidade de variabilidade de EI_r demonstra que para uma casa de habitação social a durabilidade de materiais pode quase dobrar o uso de energia incorporada.

Figura 15. Resultado uso de energia de EI e EO para os diferentes cenários testados



Os cenários C1, C2 e C3 consideram diferentes níveis de durabilidade de materiais de construção. Os cenários A1, A2 e A3 consideram diferentes usos de energia com condicionamento de ar.

A diferença nos resultados apresentados de EI_r demonstra a necessidade de maiores estudos sobre o desempenho e durabilidade de materiais de construção. Somente com informações consistentes sobre a real necessidade de manutenção de edifícios será possível estimar com clareza a ACVE em residências. Dessa forma é evidente a necessidade de uso e produção de Declarações Ambientais de Produto, regulamentadas pelas ISO 14025, e outros programas de certificação ambiental.

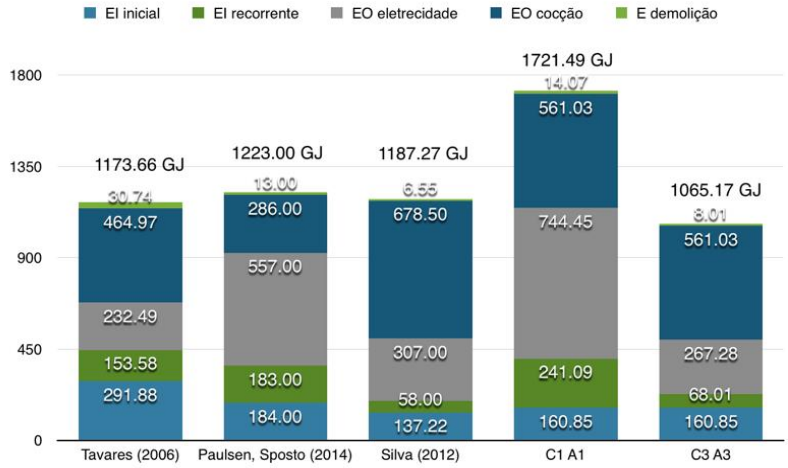
Já o resultado de energia operacional com eletricidade pode ser maior ou menor do que aquele para EI, dependendo do cenário de utilização. Como o estudo de caso possui paredes de concreto, o nível de transmitância térmica da envoltória é alto (4,77 W/m^{2}K), fazendo com que altas cargas de aquecimento sejam necessárias para atingir a temperatura de conforto, quase duplicando o uso energético para o cenário A1. O cenário com menor consumo, A3 que utiliza apenas energia de iluminação e equipamento têm valores aproximados ao cenário de menor consumo de EI. O comportamento da relação de EI com EO, se excluído o uso energético de cocção, também pode apresentar alta variabilidade e o resultado de ambos é interdependente, na medida que o aumento de EI pode diminuir a EO, assim como demonstrado por Hammond e Jones (2008).

A comparação dos resultados de uso total de energia, durante toda a vida útil das residências, para a composição cenários com maior (C1A1) e menor consumo (C3A3) e outros autores brasileiros é apresentada na Figura 16. De uma maneira geral o uso de energia com cocção tem resultados importantes para todos os autores, sendo, 40% para Tavares (2006) e 57% para Silva (2012). Entretanto, Paulsen e Sposto (2013) têm resultados menores que os demais pois baseiam esse uso energético em dados secundários internacionais. Tomando como base o Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE, 2016) o uso para energia de cocção *per capta* tem valores aproximados de 2,8 GJ/ano, resultados inclusive maiores que os demais autores. Mesmo assim, nos últimos 10 anos percebeu-se a redução de aproximadamente 15% do uso de energia com cocção no setor residencial, cujo uso inclui principalmente, gás liquefeito de petróleo e lenha, sendo a queda atribuída ao crescente desuso da última, menos 23% no mesmo período (EPE, 2016).

O uso de EO com eletricidade pode ser bem variável. Os três autores analisados utilizaram médias de consumo final de energia elétrica, porém com diferenças regionais e temporais. Tanto Tavares (2006) como Paulsen e Sposto (2013) consideraram regressão linear de dados da Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos do PROCEL para famílias de baixa renda, com levantamentos de 1997/98 e 2004/06, respectivamente. Já Silva (2012) utilizou dados de consumo médio para famílias de baixa renda na cidade de Porto Alegre. O resultado para a

composição com maior (C1A1) e menor (C3A3) cenário de consumo, embora com metodologia de estimativa diferente dos outros autores brasileiros, é coerente frente aos pressupostos utilizados.
A EO elétrica para C1A1 apesar de apresentar o maior consumo da comparação, é aproximadamente 25% maior que o resultado que utiliza o último levantamento de Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos realizado no Brasil, o que pode demonstrar que em algum nível aparelhos ar condicionado são utilizados pelas famílias de baixa renda.

Figura 16. Resultado de ACVE para cenário de maior e menor consumo em comparação com diversos autores brasileiros



Cenários com maior (C1A1) e menor consumo (C3A3) pelas substituições de materiais de construção e uso com condicionamento artificial.

Por fim, o resultado total de ACVE para a composição C1A1 é de 1721,5 GJ, enquanto que para C3A3 é de 1065,2 GJ, uma variação de 62% cujos principais responsáveis são níveis de manutenção e diferenças de operação, especificamente com uso de aparelhos de condicionamento de ar.

4. CONCLUSÕES

O estudo de caso de ACVE para uma edificação do PMCMV apresentou diferentes cenários de manutenção e operação ao longo do ciclo de vida de 50 anos. Os resultados demonstraram a importância da fase de manutenção, que pode apresentar resultado responsável por até 68% de toda energia incorporada por materiais de construção, ou seja, dependendo do cenário a EI_r pode ser mais importante que o impacto inicial de construção. Os valores totais podem variar de 1721 à 1065 GJ dependendo do cenário utilizado. O principal responsável pelo uso energético em edificações residenciais é a fase operacional principalmente pelo uso de energia com eletricidade e cocção, embora esse último esteja diminuindo. Esta pesquisa demonstra que um dos maiores potenciais para redução do impacto energético incorporado, é a escolha de materiais pela sua durabilidade. Dessa forma, constata-se a necessidade de evidenciar o impacto ambiental de materiais de construção por Declarações Ambientais de Produto e outras certificações. Além disso, essa pesquisa pode servir para a identificação de pontos de ação de políticas públicas sobre práticas mais sustentáveis no uso de energia residencial quando ligadas ao PMCMV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro. 2009 a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações. Rio de Janeiro. 2009 b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575-1: edificações habitacionais – desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro. 2013.

CABEZA, L. F. et al. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 394–416, 2014.

CASTRO, A. L. et al. **Análise da viabilidade técnica da adaptação de dados internacionais de inventário de ciclo de vida para o contexto brasileiro : um estudo de caso do concreto para paredes moldadas no local**. Anais do 57º Congresso Brasileiro do Concreto. Bonito, MS: IBRACON, 2015

COLTRO, L.; GARCIA, E. E. C.; QUEIROZ, G. DE C. Life cycle inventory for electric energy system in Brazil. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 8, n. 5, p. 290–296, 2003.

DEAN, B. et al. **Towards zero-emission efficient and resilient buildings: Global status report 2016**Global Alliance for Buildings and Construction (GABC), , 2016.

DIXIT, M. K. et al. Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 8, p. 1238–1247, 2010.

DIXIT, M. K.; CULP, C. H.; FERNÁNDEZ-SOLÍS, J. L. System boundary for embodied energy in buildings: A conceptual model for definition. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 153–164, maio 2013.

EPE - EMPRESA DE PESIQUISAS ENERGÉTICAS. **Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015**. Rio de Janeiro. 2016.

GONZALEZ, M. et al. A case study about embodied energy in concrete and structural masonry buildings. **Journal of Construction**, v. 13, n. 2, p. 9–14, 2014.

HAMMOND, G. P.; JONES, C. I. Embodied energy and carbon in construction materials. **Proceedings of the ICE - Energy**, v. 161, n. 2, p. 87–98, 2008.

HEINONEN, J. et al. Pre-use phase {LCA} of a multi-story residential building: {Can} greenhouse gas emissions be used as a more general environmental performance indicator? **Building and Environment**, v. 95, p. 116–125, 2016.

MONTEIRO, H.; FREIRE, F. Life-cycle assessment of a house with alternative exterior walls: Comparison of three impact assessment methods. **Energy and Buildings**, v. 47, p. 572–583, 2012.

ORTIZ-RODRÍGUEZ, O.; CASTELLS, F.; SONNEMANN, G. Life cycle assessment of two dwellings: One in Spain, a developed country, and one in Colombia, a country under development. **Science of The Total Environment**, v. 408, n. 12, p. 2435–2443, 2010.

PAULSEN, J. S.; SPOSTO, R. M. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”. **Energy and Buildings**, v. 57, n. 2013, p. 95–102, 2013.

PROCEL. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - Ano base 2005 - Classe residencial**. 2007.

RAMESH, T.; PRAKASH, R.; SHUKLA, K. K. Life cycle energy analysis of buildings: An overview. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 10, p. 1592–1600, out. 2010.

RODRIGUES, C.; FREIRE, F. Integrated life-cycle assessment and thermal dynamic simulation of alternative scenarios for the roof retrofit of a house. **Building and Environment**, v. 81, p. 204–215, nov. 2014.

SARTORI, I.; HESTNES, A. G. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. **Energy and Buildings**, v. 39, n. 3, p. 249–257, mar. 2007.

SILVA, L. **Análise do ciclo de vida energético de habitações de interesse social**. Dissertação de mestrdo em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

SIVAK, M. Will AC put a chill on the global energy supply? **American Scientist**, v. 101, n. 5, p. 330–333, 2013.

TAVARES, S. F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

TAVARES, S. F.; LAMBERTS, R. **Determinação da energia embutida em edificações: um atributo de sustentabilidade**. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído - ENTAC. 2006

U.S.DOE. **Annual Energy Outlook 2015**. Disponível em: <http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2015).pdf>.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Buildings and Climate ChangeUnep**. Paris: [s.n.]. Disponível em: <http://www.unep.org/SBCI/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf>.

WEIDEMA, B. P. et al. **The ecoinvent database: Overview and methodology, Data quality guideline for the ecoinvent database version 3**. 2013. Disponível em: <www.ecoinvent.org>.

502. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREA DE RECREAÇÃO LINDEIRA À UM RIO NO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

MELO, Evanisa F.R.Q.[1](evanisa9@gmail.com); FIORI, Simone[1](sfiorii@upf.br) GIL, Anelise S.L[1] (anelise.gil@upf.br); RODIGHERI, G.[1](grazielirodigheri@gmail.com); MAGRO, Francisco G.[1](chicomagro2@hotmail.com); MELO, Ricardo H.R.Q.[1](ricardohquevedo@gmail.com); MELO, Rodrigo H.R.Q.[1](rodrigohquevedo@gmail.com)*
[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A utilização dos recursos hídricos para fins de ecoturismo tem apresentado crescente importância econômica e social ao longo dos últimos anos, devido, especialmente, à busca pelo desenvolvimento de atividades de lazer em contato com o meio natural. Assim, a contaminação dos corpos hídricos aumenta o risco de transmissão de doenças, ainda mais quando esses locais são utilizados para a prática de recreação de contato primário. As bacias hidrográficas constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, os quais acarretam riscos ao equilíbrio e a manutenção da quantidade e qualidade da água e da mata ciliar. O objetivo da pesquisa foi avaliar os impactos ambientais em uma das áreas de recreação lindeira ao Rio Inhandava – RS, esse que, ao longo de seu percurso, é utilizado em oito locais para a recreação de contato primário. A metodologia seguiu as seguintes etapas: diagnóstico ambiental com caracterização do meio físico, biótico e antrópico da área de influência direta e indireta, avaliação dos impactos utilizando matriz de interação – matriz de Leopold e proposição de medidas mitigadoras e compensatórias. A partir da avaliação dos impactos ambientais, foi possível elaborar um Plano de Controle Ambiental da área, enfatizando atividades sustentáveis no local.
Palavras-chave: Plano de controle ambiental, Rio Inhandava, Matriz de Leopold.

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS IN RECREATIONAL AREA ALONGSIDE A RIVER IN THE NORTH OF THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT
The water resources using for ecotourism purposes has increased economic and social importance over the last years, due the pursuit of leisure activities in contact with the natural environment. Thus, the contamination of water bodies increases the risk of disease transmission, especially, when these places are used for the practice of recreation of primary contact. The river basins are suitable ecosystems to evaluate the impacts caused by the anthropic activity, which carry risks to the balance and the maintenance of the quantity and quality of the water and the riparian forest. The objective of the research was to evaluate the environmental impacts in one of the recreational areas bordering River Inhandava - RS. The River along its route is used in eight places for recreation of primary contact, and in one of the areas was carried out the environmental impact study. The methodology followed the following steps: environmental diagnosis with

characterization of the physical, biotic and anthropic environment of the area of direct and indirect influence, impact evaluation using Leopold's matrix and proposing mitigating and compensatory measures. With the evaluation of the environmental impacts it was possible to elaborate an Environmental Control Plan for the area, emphasizing sustainable activities in the area.
Keywords: Environmental control plan, River Inhandava, Leopold headquarters

1. INTRODUÇÃO

As intervenções humanas têm provocado múltiplos impactos ao meio ambiente, colocando em risco a qualidade dos ecossistemas fluviais em todo o mundo. Dentre as principais atividades que podem ameaçar a qualidade deste recurso, estão a construção de represas, canalizações, desmatamento, irrigação e atividades de recreação, em geral, para fins turísticos. Apesar do desenvolvimento do turismo ser uma atividade econômica importante para qualquer região, é essencial que ele seja realizado de forma planejada, orientada e sustentável, para não comprometer a conservação dos ecossistemas em torno dos ambientes aquáticos (FREITAS; FREITAS, 2015).

O turismo e o ambiente estão fortemente relacionados, podendo impactar em muitas áreas diferentes, como a degradação da paisagem natural, erosão do solo, danos à fauna e flora e a poluição do ecossistema aquático. Os recursos hídricos possuem potencial para atender as mais variadas finalidades turísticas, tanto na forma natural quanto artificial, como é o caso de Campings instalados próximos ao recurso hídrico, que utilizam a água do mesmo em atividades de recreação. Porém, na maioria dos casos, estes empreendimentos não possuem um planejamento ambiental considerando o aumento demográfico sazonal e as atividades que fazem uso da água, o que poderia diminuir os impactos provocados no recurso hídrico local.

Com o estabelecimento das adequações ambientais, é necessária a identificação e avaliação prévia dos impactos a fim de minimizá-los. Isso é possível através de instrumentos de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), que oferecem metodologias para identificar, prever, avaliar e mitigar os impactos mais relevantes. Dentre estas metodologias, pode-se citar *AD HOC*, *check lists*, modelos de simulação, superposição de cartas e as matrizes de interação.

A matriz de interação refere-se a uma listagem de controle bidimensional que relaciona os fatores com as ações. Tal método é muito eficiente na identificação de impactos diretos (alteração do ambiente e ação transformadora), visto que tem por objetivo relacionar as interações entre os fatores ambientais e os componentes do projeto (FINUCCI, 2010).

A matriz de interação de Leopold é uma das mais conhecidas e utilizadas mundialmente, sendo que a mesma foi projetada com o intuito de avaliar os impactos associados a quase todos os tipos de implementação de projetos (BECHELLI, 2010). Assim sendo, faz-se necessário, inicialmente, assinalar todas as possíveis interações entre as ações e os fatores, para que, posteriormente, se estabeleça a magnitude e a importância de cada impacto em uma escala que varia de 1 a 10. A partir disto, é possível identificar e avaliar se o impacto em questão é positivo ou negativo (OLIVEIRA E MOURA, 2009).

A avaliação de impactos torna-se importante nestas áreas, pois o Brasil apresenta grande potencial turístico nos seus abundantes recursos hídrico, especialmente na forma de rios, possuindo aproximadamente 35.000 km de vias navegáveis interiores e 9.260 km de reservatórios de água doce (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2010). O Estado do Rio Grande do Sul é um dos estados brasileiros onde é possível encontrar água em abundância, e dentro dos ecossistemas aquáticos presentes no estado, o Rio Inhandava destaca-se como a principal fonte de abastecimento urbano das cidades que abrange, além de ser utilizado para diversas atividades de

recreação e lazer pela população vivente ao longo de toda a sua extensão, motivo pelo qual esse recurso hídrico deve ser preservado.

2. OBJETIVO

O presente artigo teve como objetivo avaliar os impactos ambientais causados pelas atividades de recreação no entorno do Rio Inhandava.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A microbacia do Rio Inhandava, escolhida como estudo de caso, mais especificamente o Camping Andrighetti, localiza-se no norte do Estado do Rio Grande do Sul, na bacia do Rio Uruguai, sub-região Apuaê Inhandava. O Rio Inhandava, que está ao entorno do Camping, nasce nos municípios de Lagoa Vermelha e Caseiros e deságua no Rio Uruguai, sendo um dos principais rios da Bacia Hidrográfica Apuaê Inhandava (SEMA, 2009). A extensão do rio é de aproximadamente 200 km e abrange os municípios de Lagoa Vermelha, Caseiros, Ibiaçá, Santo Expedito do Sul, Sananduva, Cacique Doble, São João da Urtiga, Paim Filho, Maximiliano de Almeida e Machadinho. A maior demanda hídrica nessa sub região é pela criação animal, seguido de abastecimento urbano e irrigação em terras altas (CONSÓRCIO ORICONSUL, ECOPLAN e SKILL, 2008).

O Rio é utilizado em oito locais para recreação de contato primário, sendo um destes localizado no município de Paim Filho. O Camping Andrighetti, localizado na linha espraiado, do município de Paim Filho, como mostra Figura 1, tem funcionamento de novembro a março, e oferece água potável, área verde, banheiro, bar, churrasqueira, coleta de lixo, cozinha coletiva, deck com ancoradouro, estacionamento, lancheria, lava-louça e lava-roupa. No local, ainda são desenvolvidas atividades de Camping, pesca, canoagem e banhos.

Figura 1. Camping linha Espraiado – Paim Filho, RS



Fonte: Autores, 2016.

Nas proximidades do Camping e do Rio Inhandava, são desenvolvidas atividades de pecuária leiteira e suinocultura, além de atividades relacionadas à agricultura, como o plantio de culturas

anuais. Na pecuária leiteira, há criação de rebanhos destinada à produção de seus derivados, onde parte das terras são utilizadas para pastagens e produção alimentar para rebanho. Já na suinocultura, há criação de suínos para produção de carne e seus derivados, sendo os sistemas de criação fechados. No entanto, neste tipo de produção são geradores de resíduos e efluentes, que devem ser tratados antes de serem dispostos no solo. Na agricultura, o solo é usado para plantio de culturas alimentares anuais, sendo as principais, soja, milho e trigo. Para isto é utilizado o sistema de plantio direto, diminuindo a erosão do solo do local.

A metodologia de pesquisa baseou-se em levantamentos de dados a partir de visitas técnicas a campo e pesquisa bibliográfica sobre a região de estudo, para realizar a caracterização do meio físico, antrópico e biótico (fauna e flora).

Como técnica de avaliação dos impactos ambientais, utilizou-se a matriz de interação de Leopold, para a identificação dos impactos ambientais envolvidos nesta área. Cada célula da matriz apresenta a relação entre as atividades do projeto e a característica ou condição ambiental, qualificando a magnitude e a importância dos impactos.

Em cada uma das células, são indicados algarismos que variam entre 1 e 10, correspondendo, respectivamente, à magnitude e à importância do impacto. O número 1 corresponde à condição de menor magnitude (mínimo da alteração ambiental potencial) e de menor importância (mínima significância da ação sobre o componente ambiental considerado), e a variação chega até ao número 10, onde a célula corresponde aos valores máximos desses atributos (CAVALCANTE; LEITE, 2016).

No entanto, devido à dificuldade de se trabalhar com tantas interações, foi realizada uma adaptação da matriz neste estudo, com alterações relacionadas à pontuação do grau de importância e magnitude. Foram considerados valores de 1, 3 e 5, sendo a magnitude colocada no canto superior esquerdo de cada célula e, a importância, no canto inferior direito. Ao número 5 correspondem os valores máximos desses atributos e o número 1 corresponde à menor deterioração, logo, a melhor situação ambiental, como apresentado nas Figuras 2 e 3. As células preenchidas com a cor verde ou vermelha indica se o impacto é, respectivamente, benéfico ou prejudicial. A adaptação realizada tem o intuito de facilitar a análise, a fim de conseguir a máxima precisão na avaliação dos impactos e também assegurar que os resultados obtidos permaneçam inteligíveis, pois, assim como em outros métodos, existe o risco da subjetividade.

Figura 2. Quadro de magnitude dos impactos

Índice	Magnitude
5	Extremamente Prejudicial
3	Moderadamente Prejudicial
1	Pouco Prejudicial
	Inexistência de Impacto
1	Pouco Benéfico
3	Moderadamente Benéfico
5	Extremamente Benéfico

Figura 3. Quadro de importância dos impactos

Índice	Importância
1	Importância muito baixa
3	Importância média
5	Importância muito alta

Após avaliação dos impactos ambientais e quantificação dos mesmos, foi possível estabelecer medidas mitigadoras e compensatórias para os impactos que apresentaram maior significância ao local.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do meio físico

A região onde encontra-se o rio Inhandava é formada por derrames basálticos granulares finos, melanocráticos, contendo horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeolitas, carbonatos, seladorita, cobre nativo e barita, compreendendo a maior concentração das jazidas de ametistas do estado (BRASIL, 2006).

A amostragem e caracterização local, os solos da região do Rio Inhandava são majoritariamente eutróficos, sendo, portanto, muito usados pelos produtores rurais, principalmente de pequeno e médio porte. Estes solos refletem os padrões de intemperismo das condições geomorfológicas locais, que indicam presença de chapadas em ambas as bordas do vale. Na paisagem da área do entorno do Rio Inhandava, foram identificados os seguintes solos: Nitossolo Vermelho Latossólico distroférrico, Nitossolo Vermelho distroférrico, Chernossolo Argilúvico, Gleissolo Háplico, Neossolo, Litólico Léptico distrófico, Neossolo Flúvico eutrófico Ta e Cambissolo Háplico Tb. Os solos desta paisagem são suscetíveis à erosão, devido, principalmente, à pouca profundidade, relevo ondulado e/ou textura média cascalhenta (ASTOLFI, 2011).

No município de Paim Filho, o clima é quente e temperado, com chuvas distribuídas ao longo do ano, ocorrendo alta pluviosidade mesmo nos meses mais secos. Segundo Köppen (1931), a classificação do clima é Cfa. A temperatura média é de 17.9 °C e 1706 mm é a pluviosidade média anual (MORENO,1961).

4.2 Caracterização do meio biótico

O município de Paim Filho está localizado o Bioma Mata Atlântica, este bioma caracteriza-se pela vegetação exuberante, onde encontram-se espécies como briófitas, cipós e orquídeas, mais comuns no bioma. A fauna endêmica é formada principalmente por anfíbios, mamíferos e aves das mais diversas espécies. Além disso, é uma das áreas mais sujeitas a precipitação no Brasil, pois a cobertura das árvores forma uma região de sombra que cria o microclima típico da mata, sempre úmido e sombreado (IBF, 2016).

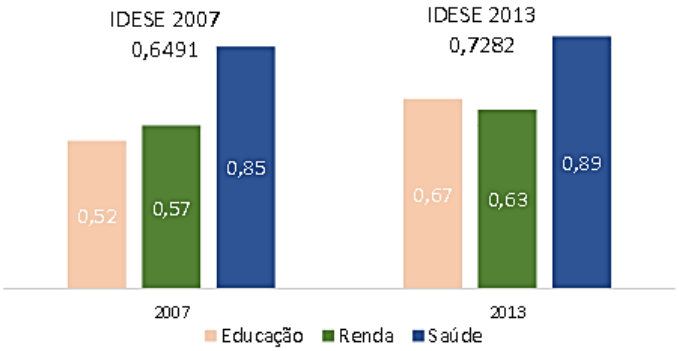
Na área foram visualizadas diversas espécies vegetais, sendo as da família *Myrtaceae* encontradas com maior ocorrência. Percebe-se que os remanescentes florestais foram alterados em função de exploração florestal ou por condições climáticas, apresentando algumas árvores quebradas e com troncos em decomposição. A regeneração natural é lenta, especialmente porque há a exploração da mata com animais (bovinos) e a antropização como áreas de lazer para camping (ASTOLFI, 2011).

Em estudo realizado por Astolfi (2011), foi observada a presença de espécies nobres como canelas, guatambu, canjerana, cedro e grápia. Segundo o autor, na lista de ocorrência às margens do Inhandava ainda constam exemplares de espécies de valor ornamental, como topete-de-cardeal, exemplares de inestimável beleza natural, como corticeira-da-serra, pessegueiro bravo e caroba, que contribuem em atrativos cênicos à paisagem e ainda, espécies que enriquecem o folclore e a cultura regional, como araucárias, podocarpos e umbus. Além disso, podem ser acrescentados muitos exemplares da família *Myrtaceae*, como cerejeiras, pitangueiras, sete-capotes, guamirins, uvaias e outras fiéis representantes do extrato médio da Mata Atlântica, floresta característica da região.
Para a fauna, não foram encontrados específicos da região. No entanto, na Mata Atlântica, existem 1361 espécies da fauna brasileira, com 261 espécies de mamíferos, 620 de aves, 200 de répteis e 280 de anfíbios, sendo que 567 espécies só ocorrem nesse bioma (IBAMA, 2009).

4.3 Caracterização do meio antrópico

A economia do município baseia-se nas atividades de pecuária leiteira e na suinocultura. Mas há também um grande percentual de agricultura de subsistência, sendo responsável pela renda de muitas famílias. No município a evasão de jovens é muito alta, devido, principalmente, à falta de oportunidades de trabalho no local.
O Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (IDESE) é um índice sintético que abrange um conjunto amplo de indicadores sociais e econômicos, com o objetivo de mensurar o grau de desenvolvimento dos municípios do Estado. O IDESE do município de Paim Filho apresentou uma melhora geral nos anos de 2007 a 2013, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4. Evolução do IDESE de Paim Filho



Fonte: SEBRAE (2016)

O município apresenta um Índice de Desenvolvimento Socioeconômico médio, estando na posição 270º no estado (SEBRAE, 2016).

4.4 Avaliação dos Impactos

O levantamento dos aspectos e impactos levou em consideração todas as atividades realizadas no Camping e no entorno do mesmo no Rio Inhandava. A planilha de identificação dessas observações ambientais foi preenchida em relação a área estudada observando-se os itens mencionados, conforme apresentado na Figura 5. O totalizador é o somatório da pontuação quanto ao grau de criticidade de cada impacto. Somando todas as interações entre as linhas e

colunas elaboradas na planilha, através do totalizador, pode-se visualizar os impactos com maior pontuação e maiores criticidades.
A matriz foi composta pela interação entre componentes ambientais (colunas) versus ações potencialmente impactantes (linhas), resultando em um total de impactos positivos e negativos.
Para a qualidade da água, foi considerada a Resolução CONAMA 357/2015, que estabelece as classificações para usos da água. A Figura 5 apresenta a Matriz de interação de Leopold.

Figura 5. *Matriz de Interação de Leopold*

Característica ambiental\Atividades do projeto			Uso para recreação					Demais atividades	
			Pesca	Banho	Canoagem	Restaurante	Camping	Agricultura	Pecuária
Meio Antrópico	Socioeconômico	Impostos	3 3	1 3	1 3	5 5	5 5	5 5	5 5
		Geração de emprego	3 5	3 3	3 3	5 5	5 5	5 5	5 5
		Geração de resíduos	3 3			5 5	5 5	5 5	5 5
Meio Físico	Solo	Alteração do solo					3 3	5 5	5 5
		Compactação do solo				1 1	3 3	5 5	5 3
		Contaminação do solo				3 3		5 5	5 5
		Erosão (Assoreamento)	3 3				3 3	5 5	3 3
	Água	Descarte de efluentes	3 3		3 3	5 5	3 5		5 5
		Contaminação da água	5 5	3 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5
	Atmosfera	Ruídos				1 3	3 3	3 3	3 3
		Emissão de gases				1 3	3 5	5 5	5 5
Meio Biótico	Fauna	Migração de espécies	5 5	3 5	3 5			5 5	3 3
		Perda de espécies	1 3					3 3	3 3
	Flora	Supressão da vegetação				5 5	5 5	5 5	5 5
		Alteração da paisagem				3 3	3 3	3 3	5 3
		Perda de espécies				3 5		5 5	5 5

Com a matriz de Leopold pode-se perceber as ações que apresentaram maior alteração ambiental potencial, relativas às atividades do restaurante, do Camping, da agricultura e da pecuária, sendo que todas apresentaram grau de importância semelhantes. Os aspectos ambientais que apresentaram maior magnitude no aspecto negativo foram a geração de resíduos, erosão do solo, descarte de efluentes, contaminação da água, migração de espécies e supressão da vegetação, e maior magnitude no aspecto positivo foram impostos e geração de emprego. Já para a importância destaca-se que a maioria das características ambientais apresentou valor elevado.
A maioria dos impactos avaliados apresentaram um grau de significância elevado, assim sendo deve-se propor medidas para minimizar ou eliminar ou compensação dos mesmos.

4.5 Medidas Mitigadoras e Compensatórias

Foram propostas medidas mitigadoras e compensatórias para os impactos, ilustradas na Figura 6.

Figura 6. *Medidas Mitigadoras e Compensatórias*

Impacto	Medidas	Programa
Geração de resíduos	Adequada segregação dos resíduos sólidos (MM);	PGRS; PSA
	Realizar projetos e oficinas de educação ambietal da população da cidade e turístas (MC)	
	Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos sólidos (MC);	
Alteração do solo	O solo exposto deverá ser protegido, sendo as obras preferencialmente executadas em períodos secos (MM);	PSCE
	Conservação do solo através de práticas de plantio direto e uso controlado de agrotóxicos (MM);	
Compactação do solo	Adotar sistema de drenagem de águas da chuva (MM);	PSCE
	Limitar a utilização de veículos e equipamentos, somente nos locais onde houver necessidade (MM);	
Contaminação do solo	Instalar composteiras para resíduos de suinocultura (MM);	PSCE
	Não dispor, queimar ou enterrar qualquer tipo de resíduo no solo (MM);	
Erosão	Melhoria no sistema de drenagem de águas (MM)	PCE
	Construção de canaletas para as vias de acesso, visando evitar erosão e represionamento de águas (MM)	
Descarte de efluente	Instalar sistema de captação de efluente (MM);	PTE; PSA
	Promover o tratamento por meio de foças sépticas e sumidouro (MM);	
	Instalar lagoas de tratamento para efluentes de suinocultura (MM);	
Contaminação da água	Reabilitação do recurso hídrico através da reconstituição da vegetação no entorno do rio (MM);	PQA; PSA
	Tratamento do esgoto a partir de fossas (MM);	
	Utilizar sistema de caixa separadora água/óleo para o efluente da cozinha (MM);	
	Monitoramento da qualidade da água (MM);	
	Programa de educação ambiental (MC);	
Ruídos	Limitar o uso de veículos com som alto em determinados horários (MM);	PCR
Emissão de gases	Limitar o uso de veículos dentro do Camping (MM);	PCEA
	Instalar exaustores nas cozinhas do restaurante onde há geração de gases (MM);	
Migração e perda de espécies da fauna	Adoção de corredor ecológico (MM);	PF
	Incentivo a regularização da reserva legal dos imóveis lindeiros (MC)	
Supressão da vegetação	Utilizar material orgânico da supressão para adubagem (MC);	PCF
	Adensamento da mata ciliar (MM);	
Alteração da paisagem	Arborização nos acessos principais (MM);	PCF
Perda de espécies da flora	Proteção da biodiversidade (MM);	PCF
Empregos	Priorizar a contratação de mão de obra local (MC).	PAS

MM= Medidas Mitigadoras; MC= Medidas Compensatórias

As atividades realizadas no Camping e no entorno do Rio Inhandava, se não possuírem um planejamento ambiental, podem agravar ainda mais a situação da região. Para a recuperação e preservação desse recurso hídrico, que é importante tanto na forma econômica como cultural, devem ser adotadas medidas que visem a adequação ambiental dos estabelecimentos e atividades realizadas no entorno do Rio.
Os programas de controle mencionados na Figura 6, estão descritos a seguir:

- Programa de solos e controle de erosão (PSCE);
- Programa de compensação florestal (PCF); (adensamento APP)
- Programa de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS);
- Programa de tratamento de efluente (PTE);
- Programa de fauna (PF);
- Programa de qualidade de água (PQA);
- Programa de controle de ruídos (PCR);
- Programa supervisão ambiental (PSA);
- Programa de controle de emissões atmosféricas (PCEA);
- Programa de ação social (PAS).

5. CONCLUSÃO

A caracterização do meio físico, biótico e antrópico salienta que a região de estudo é suscetível à impactos ambientais. Desta forma, as medidas e práticas propostas têm o intuito de, a curto e médio prazo, estabelecer um equilíbrio ambiental, social e econômico entre as atividades realizadas na região de estudo com o ecossistema aquático, como:
- Segregação dos resíduos sólidos e palestras de educação ambiental para minimizar os problemas de descarte irregular;
- Proteção, conservação do solo e adoção de sistemas de drenagens para evitar a compactação e erosão do solo, favorecendo a infiltração de água da chuva e, consequentemente, abastecimento do lençol freático;
- A instalação de sistemas de saneamento ambiental para minimizar o descarte irregular de efluente no solo ou no recurso hídrico, evitando a contaminação destes;
- Proteção da biodiversidade por meio do adensamento de áreas de preservação permanente;
- Uso de mão de obra local.

A região tem potencial turístico que pode ser explorado de forma sustentável, criando um plano de gestão que pode ser aplicado gerando a política de uso e ocupação da área visando o desenvolvimento sustentável e integrando os municípios em um circuito ecocultural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTOLFI, R. M. Caracterização Ambiental da Microbacia do Rio Inhandava - RS. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Ambiental - Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2011.

BECHELLI, C. B. Utilização de matriz de impactos como ferramenta de análise em estudos de impacto de vizinhança: edifício residencial em Porto Rico – PR. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre – RS. 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Mapa Geológico do Rio Grande do Sul*. 2006

FINUCCI, M. Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para a liberação comercial do plantio de transgênicos. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP. 2010.

FREITAS, F. R. D. de, FREITAS, V. P. de. Análise da degradação ambiental na lagoa da bastiana (Município de Iguatu/CE). XXIV Encontro Nacional do CONPEDI – UFS: Direito Ambiental e Socioambientalismo. Florianópolis - Santa Catarina/RS, 2015.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECUROS NATURAIS RENOVÁVEIS. Ecossistemas florestais e ecossistemas associados de Mata Atlântica. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/ecossistemasMata_atlantica.htm. Acesso em: 02 de dez. 2016.

IBF – INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. Bioma Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica.html>. Acesso: 18 de nov. 2016.

KÖPPEN, W. *Climatologia.* México, Fundo de Cultura Econômica. 1931.

MINISTÉRIO DO TURISMO. Turismo Náutico: Orientações básicas. 3ª Ed. Brasília, 2010.

MORENO, J.A. *Clima do Rio Grande do Su*l. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p. 1961

OLIVEIRA, F.C.; MOURA, H.J.T. de. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. PRETEXTO, v.10, n.4, p.79-98. 2009.

CONSÓRCIO ORICONSUL-ECOPLAN-SKILL. Plano de desenvolvimento sustentável da região da bacia do rio Uruguai. Florianópolis; Porto Alegre: 550p. Cooperação Técnica BID ATN/JC-9952-BR (contrato PRM.8.013.00J). 2008.

SEBRAE. Perfil das Cidades Gaúchas: Paim Filho. 2016. Disponível em: <http://ambientedigital.sebrae-rs.com.br/Download/PerfilCidades/Perfil_Cidades_Gauchas-paim_filho.pdf>. Acesso em: 03 out. 2016.

SEMA. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <www.sema.rs.gov.br>. Acesso em 22 out. 2016.

515. MEDIR LO QUE IMPORTA: INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA DE BARRIOS URBANOS

HERMIDA, M. Augusta[1] (augusta.hermida@ucuenca.edu.ec); QUEZADA, Adriana*[2] (adrianaquezadal@gmail.com); PARRA, Andrea[2] (andrea.parra.arq@gmail.com)*
[1]Universidad de Cuenca (UC), Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB - Ciudades Sustentables, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Ecuador
[2]Universidad de Cuenca (UC), Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB - Ciudades Sustentables, Ecuador
**Autor de correspondencia*

RESUMEN
El barrio y la escala local son esenciales para reconocer las interacciones entre los distintos componentes de la complejidad urbana. Es también en esta escala en donde se pueden dar pasos certeros para la transición hacia la sostenibilidad energética y social. A la habitual mirada desde arriba ahora se le contrapone una mirada desde dentro, desde la escala del barrio, capaz de integrar y lograr cambios holísticos y aplicables. En este trabajo se presenta la propuesta metodológica para el desarrollo sistemático de indicadores para la evaluación de la sostenibilidad energética en barrios urbanos de América Latina que permita observar, medir y comparar realidades distintas y distantes, centrándonos en su fase operacional. Se elaboró una propuesta conceptual basada en la revisión de la literatura y en los indicadores de grupos de investigación colaboradores. Se definió una lista de indicadores tentativa clasificada por áreas de medición: espacio construido, medio natural, servicios urbanos, participación institucional y calidad de vida. Un grupo multidisciplinar de expertos calificó la pertinencia de estos indicadores para barrios latinoamericanos, en base a siete principios: disponibilidad, costo-efectividad, simplicidad, representatividad-validez, sensibilidad, independencia y, prioridad-utilidad. Como resultado se determinó una lista de indicadores recomendados. La principal preocupación de los expertos fue la posible carencia de información actualizada y el costo que la obtención del indicador podría implicar. Además, resultó sorprendente que la mayoría de expertos no consideró relevantes indicadores relacionados al comportamiento que podrían posibilitar la transición hacia hábitos de consumo y conducta favorables para la eficiencia energética. No obstante, esta aproximación multidisciplinar representa un gran potencial para el entendimiento de la complejidad de la sostenibilidad energética.
Palabras clave: Sostenibilidad energética; eficiencia energética; barrios sostenibles; sistema de indicadores; barrios urbanos.

MEASURING WHAT MATTERS: CRITERIA FOR ASSESING ENERGY SUSTAINABILITY IN URBAN NEIGHBORHOODS

ABSTRACT
The neighborhood and the local scale are essential to recognize the interactions between the different components of urban complexity. It is also at this scale where actual steps can be given for the transition towards energy and social sustainability. In contrast to the common vision from the top, the neighborhood scale supposes a vision from inside capable to integrate and achieve holistic and applicable changes. This work proposes a methodology towards the development of systematic criteria for the assessing of energy sustainability in urban neighborhoods in Latin

America, which allows looking, measuring and comparing diverse and distant realities in the operational phase of neighborhood's lifecycle. A conceptual proposal based on literature review and criteria from other collaborators research groups was developed. An initial list of criteria was defined and classified by measurement areas: built environment, natural environment, urban services, institutional participation and quality of life. A multidisciplinary group of experts qualified the relevance of these criteria for Latin American neighborhoods, based on seven principles: availability, cost-effectiveness, simplicity, representativeness-validity, sensitivity, independence and, priority-utility. As a result, a list of recommended criteria indicators was obtained. The main concern of the experts was the possible lack of updated information and the cost of obtaining it. In addition, it was surprising that most experts did not consider relevant behavioral indicators that could enable the transition to energy consumption habits and conduct towards energy efficiency. However, this multidisciplinary approach represents a great potential for understanding the complexity of energy sustainability.
Keywords: Energy sustainability; energy efficiency; sustainable neighborhoods; criteria system; urban neighborhoods.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del trabajo

Ante el inminente desafío de mitigar los efectos del cambio climático, gobiernos a nivel mundial han firmado acuerdos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero - GEI (UN-HABITAT, 2011), promover el uso de energía no contaminante y sostenible, adoptar estilos de vida en armonía con la naturaleza, y promover el consumo y la producción sostenible de modo que se pueda garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y la calidad de vida de la población. Sin embargo, no siempre se ha definido con claridad los mecanismos de aplicación de estos acuerdos. Las emisiones GEI provienen de diferentes sectores económicos y, de acuerdo al reporte del Grupo Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPPC, 2014), el sector de la edificación consume un 32% de la energía final global, comprende el 6,4% de emisiones directas totales y es el que más aporta con emisiones indirectas producidas en el uso final de energía. Esta realidad resulta crítica pues se prevé un incremento de 2,5 millones de población urbana hasta el 2050, la expansión urbana en el orden del 310% en el periodo del 2000 al 2030, el aumento de la migración de población a las urbes, el incremento de ingresos y el cambio de estilos de vida. Particularmente en el caso de América Latina, este tema es emergente pues para el 2050 el 86% de su población vivirá en ciudades (UNITED NATIONS, 2015). Con estas dinámicas se prevé que el sector de la edificación, para mediados del siglo, duplique y hasta triplique el consumo de energía de uso final global y aumente de un 50% a 150% las emisiones GEI (IPPC, 2014).

Dentro de este panorama, alcanzar la eficiencia energética en las ciudades constituye un objetivo para lograr la reducción de emisiones GEI y disminuir el consumo de recursos no renovables. Las estrategias basadas en acuerdos internacionales deberán promover planes de acción fundamentados en el conocimiento profundo del estado actual de las ciudades con respecto a la sostenibilidad. Esto implica entender la complejidad urbana, el cómo los diferentes factores y la interacción entre ellos impulsan u obstaculizan la mitigación de estos procesos, y evaluar la sostenibilidad energética en diferentes contextos. En este sentido, desde los años 90s herramientas, como los sistemas de indicadores, han sido desarrolladas para el análisis de la eficiencia energética, enfocándose inicialmente en el edificio y actualmente también en el barrio y la ciudad; pero, pese a los avances realizados, estas herramientas presentan limitaciones

caracterizadas por la imposibilidad de aplicación universal, su extrema complejidad y la carencia de información para su cálculo.

1.2 Revisión teórica

Desde 1990 el edificio fue el objeto de análisis de los sistemas de evaluación de desempeño ambiental. La aplicación de estos sistemas se generalizó principalmente en Europa y América del Norte (ALYAMI; REZGUI, 2012), no así en América Latina donde la evaluación se aplicó en escasos proyectos. Actualmente, el objeto de análisis ha cambiado de escala, al barrio y la ciudad, lo que permite abordar desde otra mirada la sostenibilidad, los flujos y las sinergias (BERARDI, 2015). La escala de barrio permite, por ser éste la célula base de la ciudad, implementar estrategias de uso de suelo y compacidad, sistemas alternativos de movilidad, disminución del consumo energético, consolidación de ambientes habitables y saludables, uso de energía eficiente, calidad de los servicios urbanos, conciencia ambiental, y una efectiva participación ciudadana (WANG et al., 2016). Además, los sistemas de evaluación a escala barrial se han derivado de aquellos sistemas multicriterio, cuantitativos y/o cualitativos, utilizados para edificios (BERARDI, 2015), tales como BREEAM Communities, LEED Neighborhood Development y CASBEE Urban Development que se enfocan en diferentes fases del ciclo de vida del proyecto. Por ejemplo, CASBEE UD promociona el compromiso de los actores locales en la elección de coeficientes de pesos asignados a los diferentes temas del sistema, mediante un análisis cualitativo; LEED ND se orienta en la promoción del diseño compacto en comunidades en favor a la caminabilidad y busca un balance entre prácticas establecidas y conceptos emergentes (KAROL; BRUNNER, 2009); y, BREEAM Communities evalúa criterios claves en prácticas predecibles y desempeño real haciendo énfasis en las estrategias de energía (ALYAMI; REZGUI, 2012). Pero, pese a los esfuerzos por desarrollar herramientas que puedan aplicarse a diversos contextos, sus limitaciones radican en no poder generalizar ciertos aspectos de la evaluación y atender las prioridades locales. Si bien los sistemas multicriterio incorporan las externalidades, riesgos y efectos a largo plazo, generalmente han subestimado el componente económico y social de la sostenibilidad.

La construcción de sistemas de indicadores se enfrenta a estos y otros desafíos, como por ejemplo la selección de los criterios de evaluación y su ponderación; el alcanzar el balance entre lo completo y lo simple; y la escala de aplicación que en el caso del barrio depende siempre del contexto. Teóricamente, en ciudades de América del Sur por lo general un barrio se representa por una cuadrícula de 400x400m mientras que en otras ciudades de diferentes regiones, como Nueva York, su patrón comprende una malla rectangular de 100x200m (BERARDI, 2015). En la práctica los límites pueden estar establecidos por otros instrumentos como son la percepción de la población, los bordes físicos o geográficos, los límites jurídicos normativos o la caminabilidad, que toma en cuenta la distancia que recorre una persona en 10 minutos. La limitación para evaluar la sostenibilidad a escala barrial está justamente en esta ambigüedad que, a su vez, provoca la carencia de datos.

Desde el punto de vista energético, uno de los mayores retos en los sistemas de evaluación de la sostenibilidad urbana es considerar los diversos escenarios en los cuales se encuentra cada caso de estudio influidos por factores externos al entorno construido y que intervienen en la ponderación de indicadores. En primer lugar se debe considerar la fuente de energía, pues al evaluar la sostenibilidad energética no será igual medir los impactos y la contribución al cambio climático en una ciudad o barrio abastecido por fuentes renovables que otro que utilice carbón. En segundo lugar se deben considerar las condiciones climáticas. En las ciudades, la temperatura varía con respecto a las zonas rurales debido a las características físicas y antropogénicas de las

urbes, que generan un “domo” sobre la atmósfera impidiendo el equilibrio térmico con relación al de la región. Temperaturas por encima o debajo de las bandas de confort tienen un impacto considerable en el consumo de energía para calefacción y enfriamiento en edificios, así como en el incremento de la polución (SANTAMOURIS et al., 2001). En tercer lugar se debe considerar el uso del suelo y el nivel socioeconómico de la población, factores que perfilan el consumo energético y pueden marcar diferencias importantes para la evaluación de la sostenibilidad. Estudios han demostrado que el sector residencial en países desarrollados consume más energía que los sectores comerciales e industriales (UN-HABITAT, 2011). En países en vías de desarrollo, en cambio, esta relación puede variar de acuerdo al uso de tecnologías y factores sociales.

2. OBJETIVO DEL TRABAJO

Este artículo hace una propuesta metodológica para el desarrollo sistemático de indicadores para la evaluación de la sostenibilidad energética en barrios urbanos de América Latina enfocada a la fase operacional, pues es en ésta en donde se generan más del 80% de emisiones GEI (LUCON et al., 2014).

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada se basó en la hoja de ruta para la definición de indicadores propuesta por Orellana y Cárdenas (2014) descrita en los siguientes pasos: 1) definición de los objetivos del modelo, 2) revisión de fuentes secundarias, 3) talleres de propuestas de indicadores, 4) lista de indicadores potenciales, 5) evaluación cualitativa de indicadores y, 6) lista de indicadores consensuada. Para definir los objetivos del modelo se hizo una revisión bibliográfica de: (i) artículos e informes científicos para definir los componentes relevantes en la medición de la sostenibilidad energética a escala barrial y los escenarios, y (ii) los indicadores desarrollados por los miembros de la red de comunidades Urbanas Energéticamente Eficientes (URBENERE). La primera se basó en las siguientes cadenas de búsqueda: “*sustainable energy”, “sustainable energy indicators”, “sustainable assessment of energy”+”neighbourhoods”, “energy indicators”* + *”neighbourhood” y “sustainable neighbourhoods*”. Además se revisó las dimensiones de la sostenibilidad del ambiente construido propuestas por BERARDI (2015). Una vez sistematizada la información se definieron los objetivos del modelo enmarcados en cinco dimensiones: espacio construido, ambiente natural, sistemas urbanos, entorno institucional y calidad de vida. Además se acordaron diez temas, distribuidos en los objetivos, alrededor de los cuales se ordenaron los indicadores. Así mismo, se hizo la revisión de fuentes secundarias en razón de que en la literatura no se identificaron sistemas de evaluación de la sostenibilidad de barrio enfocados únicamente al tema de eficiencia energética en la fase operacional. Con esta información se hizo un taller multidisciplinar, a nivel local, con expertos en diferentes áreas de la energía, con la finalidad de evaluar la lista de indicadores existente. Este proceso permitió desechar aquellos que no podían traducirse a escala barrial, los que no aportaban información para la descripción general de la sostenibilidad energética y los aplicables solo en la fase de proyecto, rehabilitación y/o desmantelamiento. Este proceso permitió definir la lista potencial de indicadores que fue valorada por un grupo multidisciplinario de expertos, locales e internacionales, en áreas de energía, agua, residuos, arquitectura, movilidad y administración pública, así como expertos en la elaboración de indicadores para la eficiencia energética. Los criterios de valoración fueron siete: 1) Disponibilidad: los datos básicos deben estar disponibles, ser de buena calidad, de fácil obtención y no tener restricción de ningún tipo: 2) Costo-efectividad: se debe garantizar la posibilidad de cubrir los costos del indicador, su medición, monitoreo y sostenibilidad en el tiempo; 3) Simplicidad: se debe

garantizar la facilidad del indicador para ser medido y replicado a largo plazo; 4) Representatividad y validez: el indicador debe tener la capacidad de medir el fenómeno que se quiere medir y no otros; 5) Sensibilidad para detectar cambios: el indicador debe identificar cambios y tendencias del fenómeno que se quiere medir; 6) Independencia: el indicador no debe depender significativamente de otros indicadores que limiten su cuantificación y monitoreo a largo plazo; 7) Prioridad y utilidad: el indicador debe ser pertinente para la evaluación de la sostenibilidad energética de un barrio, satisfacer los objetivos del modelo y posibilitar la toma de decisiones. Para la valoración se usó una escala de 1 a 5, en donde 1 representa la carencia de las cualidades del criterio y 5 significa que el indicador cumple satisfactoriamente con éstas. Si se desconoce la respuesta el criterio es valorado como ND. Para cada indicador se calculó el promedio total de los 7 criterios y la desviación estándar. El análisis de los resultados permitió definir si el indicador era “recomendado” (promedio total >=3,9; sd<1), “poco recomendado” (promedio total >=3 y <3,9; sd<1), y “no recomendado” (promedio total <3; sd<1). Aquellos casos en que sd>1 el indicador fue catalogado “para discusión”. Como conclusión del proceso se elaboró una lista de indicadores consensuados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A través del proceso metodológico antes explicado se definieron 57 indicadores potenciales agrupados por temas y objetivos (Tabla 1). Ningún indicador recibió una evaluación como “no recomendado”. Los 26 indicadores calificados como “recomendados” tuvieron que ver principalmente con la política pública y la equidad en servicios; en menor grado con la compacidad, microclima urbano, verde urbano, gestión energética en el espacio público y en la edificación, y manejo de residuos sólidos en el espacio público y la edificación; ninguno se relacionó con la diversidad de usos y condiciones ambientales. Los indicadores “poco recomendados” describían factores indirectos y favorables para la implementación de medidas pasivas, el fomento de movilidad alternativa y la construcción de estrategias para la reducción del consumo energéticos, disminución de emisiones GEI y el monitoreo del consumo de energías renovables; además evalúan la existencia de energía generada por sistemas renovables y factores comportamentales. Únicamente 6 indicadores fueron catalogados “para discusión”.

Estos resultados fueron corroborados por las observaciones hechas por los evaluadores, para quienes la preocupación principal radica en la posibilidad de obtener información a escala barrial, el costo y las metodologías requeridas para obtenerla. Ningún experto sugirió agregar un nuevo indicador, así como no todos los expertos emitieron observaciones sobre los indicadores propuestos ni participaron en la discusión de los resultados de la evaluación.

Sobresale la positiva valoración de los indicadores institucionales. Es la “política pública” el único tema en la que todos los indicadores propuestos son “recomendados”. En relación a la movilidad, se infiere que los expertos han considerado más relevante el modo de transporte masivo que el peatonal. De hecho, la “accesibilidad al viario peatonal” en el barrio, es el indicador que menor puntuación alcanza a pesar de ser una condición que posibilita el caminar. Como éste, factores que promueven la movilidad peatonal, como el confort lumínico, la presencia de actividades comerciales cotidianas en el barrio, el reparto del viario peatonal público, entre otros, no se han considerado prioritarios. Esta postura se repite en relación a factores que facilitan el uso de mecanismos pasivos y la disminución del consumo energético, como son la calidad del aire, análisis de soleamiento y sombras, y vientos.

Tabla 1. Lista de indicadores potenciales

OBJETIVOS DEL MODELO	TEMA	CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	PROMEDIO	SD	CATEGORÍA
ESPACIO CONSTRUIDO: Planificar el espacio construido para favorecer la eficiencia energética, reducir los gases de efecto invernadero y el efecto de isla de calor.	Compacidad	A1	Densidad de habitantes	4,27	0,56	Recomendado
		A2	Densidad de vivienda	3,97	0,60	Recomendado
		A3	Compacidad absoluta	3,77	0,65	Poco Recomendado
		A4	Área de predios vacíos	3,96	0,59	Recomendado
		A5	Accesibilidad del viario público peatonal	3,22	0,75	Poco Recomendado
		A6	Reparto del viario público peatonal	3,65	0,55	Poco Recomendado
		A7	Proximidad a redes de transporte distinto al vehículo particular	4,10	0,67	Recomendado
	Diversidad de Uso	A8	Actividades comerciales cotidianas	3,37	0,86	Poco Recomendado
	Microclima Urbano	A9	Análisis de soleamiento y sombras	3,43	0,73	Poco Recomendado
		A10	Radiación solar	4,09	0,70	Recomendado
		A11	Confort térmico exterior	3,95	0,83	Recomendado
		A12	Vientos	3,83	0,87	Poco Recomendado
AMBIENTE NATURAL: Preservar y mejorar la calidad del ambiente natural en el entorno urbano para mitigar los efectos del cambio climático y el efecto de isla de calor.	Verde Urbano	B1	Superficie verde por habitante	4,31	0,53	Recomendado
		B2	Volumen de verde en el espacio público	3,91	0,56	Recomendado
		B3	Permeabilidad del suelo público como estrategia de mitigación de la isla de calor	3,79	0,87	Poco Recomendado
		B4	Proximidad al verde más cercano	3,73	0,85	Poco Recomendado
	Condiciones Ambientales	B5	Confort lumínico nocturno en el espacio público	3,48	0,85	Poco Recomendado
		B6	Calidad del aire: material particulado PM2.5	3,76	0,93	Poco Recomendado
		B7	Calidad del aire: material particulado PM10	3,89	0,80	Poco Recomendado
		B8	Calidad del aire: Ozono	3,77	0,95	Poco Recomendado
		B9	Calidad del aire: Dióxido de nitrógeno NO2	3,83	0,90	Poco Recomendado
		B10	Calidad del aire: Dióxido de sulfuro SO2	3,81	0,91	Poco Recomendado
		B11	Confort acústico	3,77	0,65	Poco Recomendado
SISTEMAS URBANOS: Fomentar eso de sistemas de eficiencia energética en los servicios urbanos.	Gestión energética (energía eléctrica y agua) en el espacio público	C1	Consumo eléctrico en el espacio público	3,99	0,70	Recomendado
		C2	Porcentaje de consumo eléctrico en alumbrado público	4,09	0,78	Recomendado
		C3	Eficiencia del sistema de abastecimiento de energía en el espacio público	3,53	1,06	Para Discusión
		C4	Tiempo de vida del sistema de energía renovables "in situ" en el espacio público	3,81	0,98	Poco Recomendado
		C5	Periodo de retorno de inversión en el sistema de energías renovables en el espacio público	3,79	0,63	Poco Recomendado
		C6	Consumo de agua potable en el espacio público	4,10	0,62	Recomendado
		C7	Consumo de agua potable por uso final en el espacio público	3,62	1,19	Para Discusión

	Gestión energética (energía eléctrica, gas y agua) en la edificación	C8	Consumo eléctrico por uso de suelo urbano	4,21	0,68	Recomendado
		C9	Consumo eléctrico por uso final residencial	3,99	0,88	Recomendado
		C10	Porcentaje de consumo eléctrico por uso de suelo urbano con certificación energética	3,37	0,79	Poco Recomendado
		C11	Porcentaje de consumo eléctrico por uso de suelo urbano con sistemas de energía solar activa	3,59	0,87	Poco Recomendado
		C12	Consumo de gas (GLP) por uso de suelo urbano	3,46	1,04	Para Discusión
		C13	Consumo de gas (GLP) por uso final residencial	3,37	1,02	Para Discusión
		C14	Consumo de agua potable por uso de suelo urbano	4,34	0,70	Recomendado
		C15	Porcentaje de consumo de agua potable por uso de suelo urbano con fuentes adicionales a la red pública	3,94	0,80	Recomendado
	Manejo de residuos sólidos en el espacio público y la edificación	C16	Toneladas de residuos sólidos anuales generados por uso de suelo urbano	4,06	0,85	Recomendado
		C17	Porcentaje de residuos sólidos orgánicos por uso de suelo urbano	3,86	0,87	Poco Recomendado
		C18	Porcentaje de residuos sólidos inorgánicos por uso de suelo urbano	3,87	0,87	Poco Recomendado
		C19	Porcentaje de residuos sólidos orgánicos para generar biogás	3,71	0,75	Poco Recomendado
		C20	Porcentaje de residuos sólidos orgánicos destinados para generar compost	3,60	0,68	Poco Recomendado
		C21	Porcentaje de usos de suelo urbano que separan los residuos sólidos	3,56	0,86	Poco Recomendado
ENTORNO INSTITUCIONAL: Fomentar la inclusión y seguimiento de políticas que incentiven la sostenibilidad energética barrial.	Política pública	D1	Existencia, monitoreo y cumplimiento de normas sobre la calidad del aire	4,07	0,82	Recomendado
		D2	Existencia, monitoreo y cumplimiento de normas sobre contaminación acústica	4,06	0,80	Recomendado
		D3	Existencia, monitoreo y cumplimiento de normas sobre eficiencia energética	3,97	0,95	Recomendado
		D4	Existencia y monitoreo de un inventario de gases de efecto invernadero (GEI)	4,06	0,79	Recomendado
		D5	Existencia, monitoreo y cumplimiento de normas sobre eficiencia del agua	4,10	0,80	Recomendado
		D6	Existencia, monitoreo y cumplimiento de normas sobre eficiencia en la gestión de residuos sólidos urbanos	4,07	0,82	Recomendado
CALIDAD DE VIDA: Garantizar la calidad de vida de los habitantes en el medio urbano, a través de indicadores de control que aseguren la inclusión equitativa de servicios adecuados para toda la población.	Equidad en servicios	E1	Porcentaje de hogares con conexiones domiciliarias a la red de agua de la ciudad	4,19	0,85	Recomendado
		E2	Porcentaje de familias que no utilizan energía moderna	3,91	1,01	Para Discusión
		E3	Porcentaje de la población de la ciudad con recolección regular de residuos sólidos municipales	4,33	0,76	Recomendado
		E4	Percepción del confort térmico exterior	3,60	0,86	Poco Recomendado
		E5	Porcentaje de viviendas con carencias	3,91	1,19	Para Discusión
		E6	Asequibilidad al transporte	3,97	0,96	Recomendado
		E7	Porcentaje de ciudadanos que se sienten seguros	3,98	0,73	Recomendado

Ante esta tendencia, podemos concluir que, por un lado, la solución de la eficiencia energética no es apreciada de manera holística, razón por la que se subestiman los factores indirectos; por otro lado, se subestima el impacto de estos factores como estrategias de prevención en el ámbito de la eficiencia energética. Al respecto, los indicadores “recomendados” brindan información orientada más hacia la construcción de estrategias de mitigación tecnológica y de prevención comportamental, que a la construcción de estrategias de prevención en los dos ámbitos.

5. CONCLUSIÓN

Un modelo para la evaluación de la sostenibilidad energética para barrios urbanos debe ser construido sobre una visión holística, que incluya tanto factores externos como internos, tecnológicos y comportamentales, y que puedan aportar a la comprensión del estado actual de los barrios existentes, en diversos contextos y en su fase operacional. Sobre los temas se concluye que, de acuerdo a expertos, el ámbito institucional es el componente más relevante, a diferencia de los otros. Al respecto consideramos que, dentro de la eficiencia energética a escala barrial, es imprescindible también dar importancia a otros temas como por ejemplo la disminución de la contaminación ambiental, el aumento de la diversidad de usos, y la movilidad peatonal, que en esta ocasión no fueron considerados prioritarios.

La metodología posibilitó la participación de expertos de diferentes zonas geográficas; sin embargo la complejidad del modelo influyó en que el proceso tome varias horas, condición que podría desincentivar la continuidad de la participación. No obstante, se debe tomar en cuenta que la escala barrial por su complejidad exige considerar todos los posibles factores que influyen en esta temática, por lo tanto, la capacidad de sintetizar el número de indicadores es limitada. De hecho, pese a que en alguna etapa se consideró que los expertos evalúen solo los indicadores de su área de experticia, el no haber procedido de esta manera evidenció la necesidad de un análisis más profundo que considere diversas variables y permita contrastar la repercusión de unas en otras. Además se verificó que el proceso de discusión es una etapa clave para esclarecer comentarios que de manera escrita pueden ser mal interpretados. La construcción del sistema de indicadores y el entendimiento de su complejidad fue enriquecida por el carácter multidisciplinar y multinacional del grupo de expertos.

Consideramos que a partir de este estudio se podría plantear la ponderación de indicadores en base a los escenarios propuestos y su aplicación en diferentes casos de estudio que podrían ser barrios existentes con una población igual o menor a 5000 habitantes, cuyos límites estarían definidos por el ámbito jurídico-normativo, el entorno natural y/o construido o por la cognición espacial de la población. Los escenarios podrían estar caracterizados por el clima y confort de cada ciudad y en base a la fuente de abastecimiento de energía (renovable o no renovable), el uso de suelo (residencial, comercial, industrial, mixto,) el nivel socioeconómico (bajo, medio, alto, varios), y las estrategias de control ambiental aplicables (pasivos, mecánicos, o mixto).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALYAMI, SH; REZGUI, Y. Sustainable building assessment tool development approach. In: Sustainable Cities and Society. 2012. p. 52–62.

BERARDI, U. Sustainability assessments of buildings, communities, and cities. Chapter 15. 497–545, 2015. In Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability (pp.). Elsevier. Inc. http://doi.org/10.1016/B978-0-12-799968-5.00015-4

IPCC. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2014.

KAROL, E; BRUNNER, J. Tools for measuring progress towards sustainable neighborhood environments. Sustainability. 2009;1(3):612–27.

LUCON, O.; ÜRGE-VORSATZ, D. et al. Buildings. Capítulo 9, 671-738, 2014. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 671.

ORELLANA, D.; CÁRDENAS, S. Hoja de Ruta para la definición de un sistema de indicadores de turismo sostenible en Galápagos. Ministerio de Turismo – WWF, Santa Cruz. 2014.

SANTAMOURIS, M; et al. On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. Sol Energy [Internet]. 2001;70(3):201–16. Available from:

http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X00000955

UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects 2014. Demogr Res. 2014;32.

UNITED NATIONS -HABITAT. Global Report on Human Settlements 2011. Cities and Climate Change. 2011. 300 p.

WANG, X; ZHAO, G; HE, C; WANG, X; PENG, W. Low-carbon neighborhood planning technology and indicator system. Renew Sustain Energy Rev [Internet]. Elsevier; 2016;57:1066–76. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.076

557. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS HOSPITALARES - SISTEMA DE PESOS PARA O CONTEXTO PORTUGUÊS

CASTRO, Maria de Fátima[*1](info@mfcastro.com); MATEUS, Ricardo[1] (ricardomateus@civil.uminho.pt); BRAGANÇA, Luís[1] (braganca@civil.uminho.pt)*

[1] Centro de investigação CTAC, Universidade do Minho (UM), Portugal

**Autor correspondente*

RESUMO

No contexto dos edifícios hospitalares, é necessário ter em conta um grande número de aspetos, que os distinguem das outras edificações. Estes prendem-se com o seu bom funcionamento, conforto e integração constante das novas tecnologias. Assim, para que o desempenho destes edifícios possa ser elevado, os princípios e as práticas de sustentabilidade devem ser incluídos principalmente em duas fases do ciclo-de-vida: projeto (promovendo a adoção de soluções que resultem na melhoria da sustentabilidade da construção); e utilização (suportando os gestores e utilizadores do edifício na adequada manutenção dos equipamentos e operação do edifício a fim de se alcançarem níveis elevados de eficiência).

Na otimização, no sentido da sustentabilidade de um edifício, é necessário lidar com a relação entre o ambiente construído, o natural e o sistema sociocultural, sendo isto possível apenas através de uma abordagem holística e metodológica. Por seu lado, a análise feita ao estado-da-arte mostra que não existe um entendimento comum sobre esta matéria. Assim, o objetivo deste artigo é contribuir para a melhoria deste entendimento, apresentando uma proposta de estrutura de critérios de avaliação da sustentabilidade e o seu respetivo sistema de pesos, enquadrada no desenvolvimento de um novo Método de Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios Hospitalares (HBSAtool-PT).

A metodologia utilizada é inovadora, uma vez que se incluiu: a opinião de diferentes intervenientes no processo de desenvolvimento, construção e operação destes edifícios; os métodos de avaliação existentes; e as normas ISO e CEN que têm vindo a surgir neste contexto da avaliação da sustentabilidade da construção. Adicionalmente, é proposta uma metodologia para alcançar o sistema de pesos que será utilizado na agregação dos diferentes indicadores propostos no HBSAtool-PT.

Como resultado é apresentada a estrutura do novo método, composto por cinquenta e dois indicadores distribuídos pelas diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável. Este método pode ser aplicado durante as fases de projeto e utilização de edifícios novos ou reabilitados, integrados em áreas urbanas.

Palavras-chave: HBSAtool-PT; Avaliação da sustentabilidade; Hospitais; Método de apoio à decisão; Avaliação do ciclo-de-vida.

HEALTHCARE BUILDING SUSTAINABILITY ASSESSMENT METHOD – SYSTEM OF WEIGHTS FOR THE PORTUGUESE CONTEXT

ABSTRACT

In the context of healthcare buildings, it is necessary to consider a larger number of different aspects than in other building types, as patients' emotions, comfort needs and the integration of latest technologies. In order to introduce sustainable practices in this type of buildings it is necessary to take actions in two main life-cycle stages: design stage (to help the decision makers,

mainly the design team, to implement solutions that improve building sustainability); and use stage (to achieve a high level of efficiency, by supporting managers and users in the adequate maintenance of equipment and building operation).
Therefore, optimizing building sustainability involves various relations between built, natural and social systems and therefore this is only possible through a systematic approach. State of art analysis showed that there is a lack of common understanding on this field and to tackle this, the goal of this paper is to contribute to the better understanding in this context by exposing a proposal for the structure and systems of weights of the sustainability criteria of a new healthcare building sustainability assessment method, the HBSAtool-PT.
The used research methodology is innovative since in the development of the list of sustainability criteria it considers the opinion of main healthcare buildings' stakeholders, the existing healthcare assessment methods and the ISO and CEN standardization works in the field of the methods to assess the sustainability of construction works. Additionally, a methodology to develop the weighting system to be used in the aggregation of the different indicators is proposed and applied to the Portuguese context.
As a result, the proposed method is composed of fifty-two sustainability indicators that cover the different dimensions of the sustainability concept to support decision making during the design of a new or retrofitted healthcare building in urban areas.
Keywords: Sustainability; Construction Assessment; Hospitals; System of weights; Life cycle assessment.

1. INTRODUÇÃO

No mercado, encontram-se disponíveis alguns métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios hospitalares, de entre os quais, pelo seu maior reconhecimento a nível mundial, é possível destacar os seguinte quatro: BREEAM UK New Construction; LEED BD+C (Building Design and Construction); Green Star – Design & As Built; and CASBEE –NC (New Construction). A sua caracterização, análise e comparação entre si e com as normas ISO e CEN atualmente em vigor, já foram objeto de estudo por parte dos autores, o qual se resume numa já existente publicação (Castro, Mateus, & Bragança, 2015).
Em Portugal, desde 2008, o Ministério da Saúde tem publicado alguns documentos de significativa importância neste contexto, contendo especificações técnicas e recomendações para a construção, reabilitação e manutenção de Unidades Prestadoras de Cuidados de Saúde (UPCS). Em 2013, foi publicado o "Relatório de *Benchmarking*" que compara os edifícios hospitalares portugueses ao nível dos seus consumos e custos de operação, tendo em conta os consumos de água e de energia e os resíduos produzidos (ACSS, 2013b). Também nesse mesmo ano, o "*Guia de boas práticas para o sector da saúde*" foi lançado com o intuito de enumerar uma série de recomendações que têm em vista a sustentabilidade destes edifícios (ACSS, 2013a).
Deste modo, este artigo pretende apresentar um método capaz de definir uma lista de indicadores de sustentabilidade e os seus pesos relativos, integrada num novo método de avaliação da sustentabilidade de edifícios hospitalares (HBSAtool-PT).

Objetivo

Os principais objetivos deste artigo são apresentar:

- Uma metodologia que permita alcançar uma lista objetiva de indicadores de sustentabilidade capaz de ser usada pelo novo método HBSAtool-PT, considerando para tal o trabalho desenvolvido até então pelas organizações internacionais ISO e CEN e as reconhecidas ferramentas de avaliação existentes no mercado;
- Um método capaz de definir um sistema de pesos a ser considerado no método de avaliação que se propõe, baseada na opinião e perspectiva dos principais intervenientes nas etapas de projeto, construção, gestão e manutenção deste tipo de edifícios.
- Uma proposta de estrutura de critérios, suficientemente abrangente e completa para integrar o método HBSAtool-PT adaptado aos contextos ambiental, social e económico de Portugal.
- Um método de avaliação da sustentabilidade que possa ser usado em edifícios novos, em reabilitações e edifícios hospitalares existentes.

Pretende-se que o novo método proposto seja de utilização prática, de fácil compreensão e flexível o suficiente para poder ser adaptado a novos contextos e realidades. Pretende-se ainda que seja uma ferramenta importante ao nível da promoção do desenho, construção, operação e manutenção sustentáveis de UPCS.

2. MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

A estratégia de investigação e desenvolvimento adotada é multidimensional. Inclui uma diversidade de abordagens qualitativas e quantitativas e compreende principalmente três principais etapas que se desenrolam consecutivamente e ciclicamente (Ali & Nsairat, 2009): definição de indicadores; categorização de indicadores; e avaliação de indicadores.

Os métodos de avaliação de sustentabilidade são, geralmente, baseados numa estrutura de critérios que podem ou não conter diferentes níveis. O método que se propõe, é constituído por uma lista de Indicadores divididos em Categorias, que por sua vez se agrupam em cinco Áreas. Um indicador transmite uma mensagem multifacetada, de fontes hipoteticamente numerosas e de uma maneira despretensiosa e útil (Kurtz, Jackson, & Fisher, 2001). Uma categoria é um critério global que resume o desempenho de um edifício no nível de um aspeto chave de sustentabilidade. As áreas de sustentabilidade resumem o desempenho do edifício ao nível de cada principal objetivo do desenvolvimento sustentável. Assim, os três principais objetivos de um indicador são (Geissler & Macoun, 2001): ser objetivo; quantificável; e capaz de comunicar a sua mensagem eficazmente.

Deste modo, a definição da lista de indicadores baseou-se na análise das seguintes fontes de informação:

- As normas desenvolvidas até à data pelas comissões técnicas TC350 (CEN) e TC59 (ISO);
- Métodos de avaliação do ciclo-de-vida existentes no mercado;
- Os principais indicadores distinguidos pelos métodos de avaliação da sustentabilidade existentes no mercado para este tipo de edifícios
- Os critérios de sustentabilidade chave defendidos por Guenther and Vittori (Guenther & Vittori, 2013);
- Os critérios SED (Sustainable-effective design) identificados e estudados em casos de estudo reconhecidos internacionalmente como boas práticas de sustentabilidade (Castro, Mateus, & Bragança, 2014); e

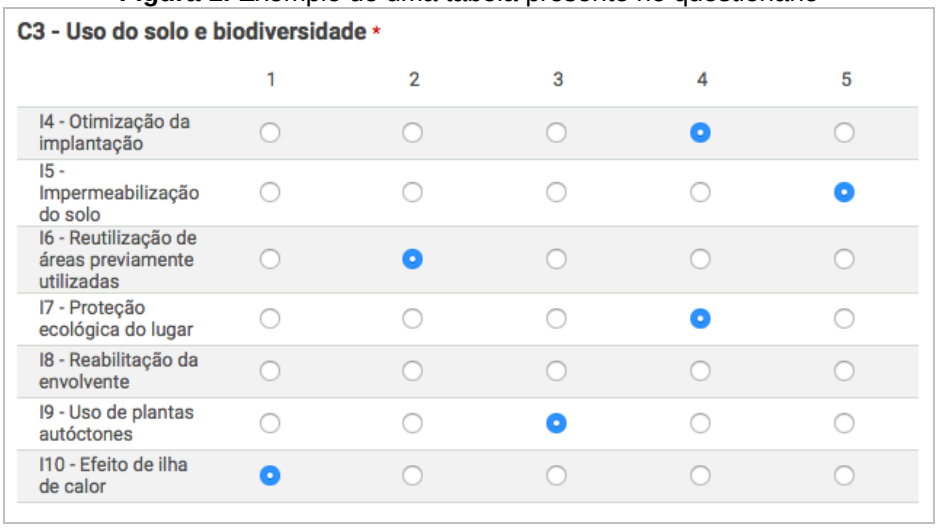
- Os critérios EBD (Evidence-Based Design) provenientes da literatura estudada (Baum, Shepley, Ginberg, & Rostenberg, 2009).

A abordagem apresentada neste trabalho, tem como enquadramento a realidade portuguesa e, portanto, considera as condições e regulamentos específicos do país, nomeadamente: i) as prioridades definidas pelo guia do Ministério da Saúde (ACSS, 2013a); ii) a opinião dos principais decisores do setor; iii) a regulamentação e objetivos locais, nomeadamente no que se refere aos níveis de desempenho ambiental, energético e funcional das UPCS; iv) e a ferramenta portuguesa desenvolvida para a avaliação de sustentabilidade dos edifícios residenciais (SBToolPT-H).
Após a primeira definição da lista de indicadores para o método de avaliação, a mesma foi apresentada, para discussão, junto dos principais intervenientes nos domínios da construção, da avaliação da sustentabilidade e do sector da saúde em Portugal.
Para análise dos dados apresentados neste estudo, foi utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). No entanto, é possível dizer que a abordagem utilizada é o resultado de uma combinação do AHP e da metodologia do *painel Experts*, uma vez que os pesos relativos qualitativos foram baseados em questionários a grupos de especialistas.
O AHP é um método de análise multicritério, desenvolvido por Thomas L. Saaty em 1980. É uma técnica matemática que permite suportar as tomadas de decisão multifacetadas. Também permite desconstruir decisões complexas e difíceis, considerando uma série de comparações individuais, analisando os dados recolhidos e promovendo o processo de tomada de decisão (Ali & Nsairat, 2009). Este método tem sido utilizado em vários trabalhos para analisar dados com propósitos similares aos do presente estudo, como em (Sambasivan & Fei, 2008; Thanki, Govindan, & Thakkar, 2016).

Recolha e tratamento de dados

A fim de se melhorar e validar a estrutura e lista de indicadores alcançada, foi realizado um questionário composto por três partes e apresentado a três grupos constituídos por partes interessadas neste processo.
A primeira parte do questionário destinou-se a recolher os dados pessoais relacionados com os inquiridos (o grupo de trabalho ou de especialização a que pertencem, a área do país onde atuam, etc.). A segunda, apresenta a estrutura proposta para o método de avaliação e solicita ao inquirido que classifique os Indicadores, Categorias e Áreas apresentados quanto ao seu peso relativo. A terceira e última parte, destina-se a recolher comentários e sugestões para melhorar a lista e estrutura propostas. Utilizando esta abordagem, foi possível recolher os dados necessários para o desenvolvimento de um sistema de ponderação e melhorar a estrutura do método de avaliação da sustentabilidade em desenvolvimento. Cada entrevistado foi convidado a considerar todas as tabelas apresentadas no questionário, onde foram descritos os Indicadores de cada Categoria e as Categorias de cada Área. Em cada uma delas, era necessário definir a importância relativa de cada Indicador ou Categoria na quantificação do desempenho do edifício a diferentes níveis. Considerando a escala de classificação apresentada no questionário, cada tabela devia ser avaliada independentemente. Assim, os entrevistados classificaram comparativamente, de 1 a 5, a importância relativa de todos os Indicadores e Categorias, podendo também atribuir classificações iguais a dois ou mais indicadores. Na Tabela 1 apresenta-se, a título de exemplo, a parte do questionário correspondente à categoria C3 – Uso do solo e biodiversidade.

Figura 1. Exemplo de uma tabela presente no questionário



C3 - Uso do solo e biodiversidade *

	1	2	3	4	5
I4 - Otimização da implantação	○	○	○	●	○
I5 - Impermeabilização do solo	○	○	○	○	●
I6 - Reutilização de áreas previamente utilizadas	○	●	○	○	○
I7 - Proteção ecológica do lugar	○	○	○	●	○
I8 - Reabilitação da envolvente	○	○	○	○	○
I9 - Uso de plantas autóctones	○	○	●	○	○
I10 - Efeito de ilha de calor	●	○	○	○	○

A amostra é composta por um grupo de profissionais das seguintes categorias: arquitetos, engenheiros, especialistas em construção sustentável; gestores hospitalares; e membros do Serviço Nacional de Saúde. Os participantes foram divididos em três grupos:

- Grupo I - Especialistas em projeto e construção sustentáveis (avaliadores qualificados de métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios, investigadores, e profissionais da indústria da construção civil) e profissionais com mais de cinco anos de experiência em construção e conceção de edifícios de saúde;
- Grupo II - Gestores hospitalares (incluindo Gestores Locais de Energia e Carbono) e membros do Serviço Nacional de Saúde envolvidos em planos estratégicos de redução de energia;
- Grupo III - Profissionais com menos de cinco anos de experiência em construção e conceção de edifícios de saúde ou no projeto de edifícios sustentáveis (profissionais da indústria da construção).

O primeiro grupo é composto por alguns especialistas em projeto e construção sustentáveis identificados pela Delegação Portuguesa da Iniciativa Internacional para a sustentabilidade do Ambiente Construído (iiSBE Portugal), pela Associação Portuguesa de Arquitetos (OA) e pela Associação Portuguesa de Engenheiros (OE). O Serviço Nacional de Saúde (SNS) forneceu o quadro de amostragem para o segundo grupo, enquanto que o terceiro grupo inclui membros das organizações anteriormente listadas, mas que não foram incluídos no Grupo I e II. Embora este último grupo tenha menos experiência do que os membros dos demais grupos, entende-se como importante considerar a sua opinião no processo de ponderação, uma vez que também são intervenientes no processo de conceção de edifícios sustentáveis.

De uma amostra de 100, o número total de questionários respondidos foi de 60. A representatividade de cada grupo nos questionários recebidos foi de: 54% para o Grupo I, 18% para o Grupo II e 28% para o Grupo III.

De acordo com Saaty (Saaty, 1988), quando há diferentes níveis de especialização e experiência numa amostra de inquiridos, a mesma deve ser dividida em diferentes grupos e o peso da opinião de cada grupo nos resultados deve ser diferente. Saaty (Saaty, 1988) propõe que os diferentes grupos afetem o resultado final do seguinte modo: o Grupo I terá uma importância de 45% na definição do sistema de pesos; o Grupo II de 31%; e o Grupo III de 24%. Isto significa que é

atribuído maior peso à opinião daqueles que têm competências mais elevadas no campo que está a ser analisado.

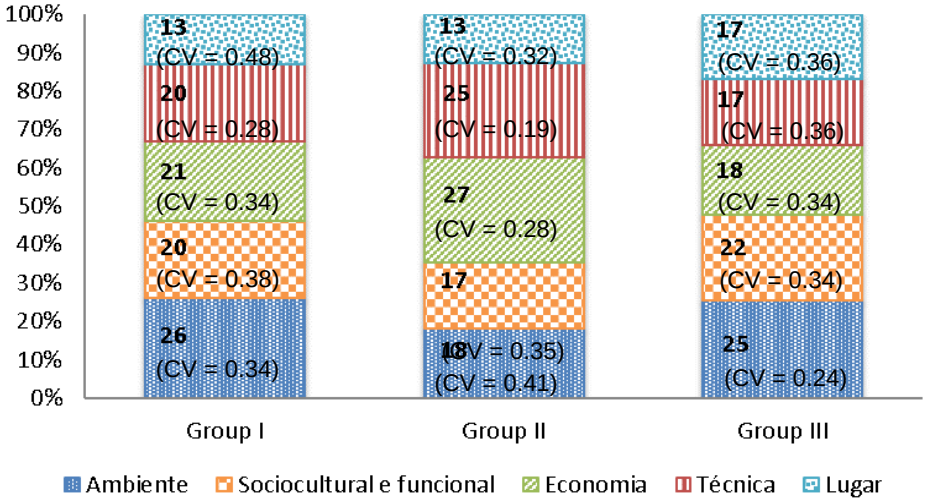
3. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

O método HBSAtool-PT proposto, baseia-se em três níveis de critérios de sustentabilidade: indicadores, categorias e áreas. Utilizando a metodologia apresentada anteriormente, foi definida uma lista de cinquenta e dois indicadores de sustentabilidade. Esta lista foi organizada nas seguintes vinte e duas categorias: Avaliação do impacte ambiental do ciclo de vida; Energia; Uso do solo e biodiversidade; Materiais e resíduos sólidos; Água; Conforto e saúde dos utilizadores; Capacidade de controlo por parte dos utilizadores; Enquadramento paisagístico; Desenho passivo; Plano de mobilidade; Flexibilidade e adaptabilidade espaciais; Custos de ciclo de vida; Promoção da economia local; Sistemas de gestão ambiental; Sistemas; Segurança; durabilidade; Sensibilização e educação para a sustentabilidade; Competências na área da sustentabilidade; Comunidade local; Valor cultural; Acessibilidades. Cada categoria de avaliação é identificada por alguns indicadores e pertence a uma área de avaliação. O número e a natureza dos indicadores dentro de cada categoria variam de forma a considerar as questões de sustentabilidade dos edifícios hospitalares mais importantes, no contexto português.

No que diz respeito à definição de áreas, a estrutura proposta para o HBSAtool-PT abrange as três dimensões principais do conceito de desenvolvimento sustentável e inclui mais duas áreas consideradas importantes para a avaliação. As áreas consideradas são: Ambiente; Sociocultural e Funcional; Economia; Técnica; e Lugar. As duas últimas áreas não são, geralmente, consideradas como dimensões de sustentabilidade, mas são essenciais porque existem categorias que podem pertencer a mais de uma das três principais dimensões.

Através dos resultados alcançados, foi possível atribuir os seguintes pesos às diferentes áreas: 25% para a área Ambiental; 20% para a Sociocultural e Funcional; 20% para a Económica; 20% para a Técnica; e 15% para a área Lugar. A Figura 2 apresenta as diferenças entre os pesos médios atribuídos por cada grupo de entrevistados.

Figura 2. Comparação entre os pesos médios atribuídos por cada grupo às áreas de sustentabilidade

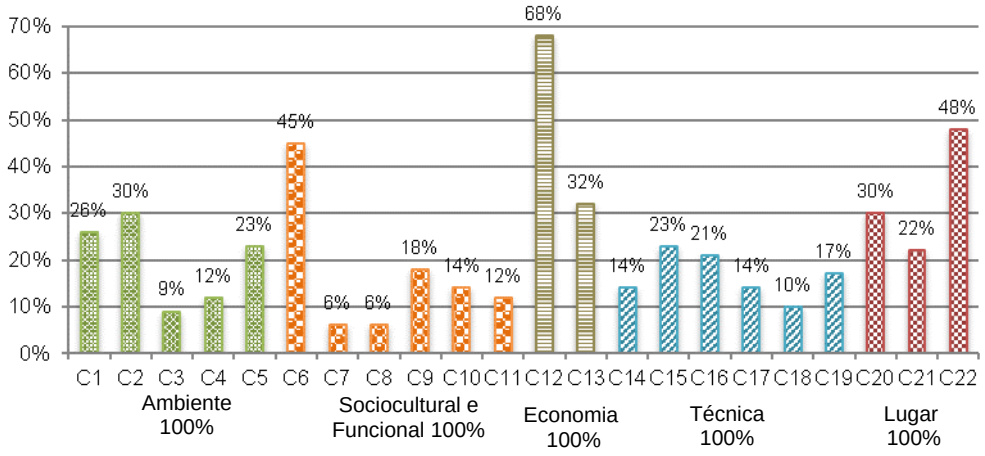


A partir da análise da Figura 2, é possível concluir que o Grupo I deu à área do Ambiente uma pontuação mais elevada, e este peso é claramente diferente dos pesos atribuídos às outras áreas. Por outro lado, o Grupo II destaca as áreas da Economia e Técnica. Como no Grupo I, o Grupo III atribuiu a maior percentagem à área do Ambiente, mas a diferença entre esta e a área Sociocultural e Funcional é, neste caso, menor. Estas diferenças estão sobretudo relacionadas com o perfil dos participantes dos três grupos, tendo em conta as suas competências no domínio da sustentabilidade e as dificuldades quotidianas que enfrentam. Em relação à última questão do inquérito, nenhum dos entrevistados sugeriu uma mudança no nível das áreas de sustentabilidade.

Os Coeficientes de Variação (CVs) dos pesos obtidos, também apresentados na Figura 3, comprovam que não há variabilidade significativa nas respostas obtidas, com exceção das seguintes áreas e grupos, cujo CV é maior que 0,40: Lugar (Grupo I); e Ambiente (Grupo III). No entanto, o efeito destas duas exceções no peso final de cada área é muito pequeno uma vez que o resultado final se baseia na opinião média ponderada de cada grupo.

A Figura 3 apresenta o peso alcançado por cada categoria dentro da respetiva área. A partir da análise desta figura, é possível concluir que C2 (Energia) e C15 (Sistemas) são as categorias consideradas mais importantes na área Ambiental. C6 (Conforto e saúde dos utilizadores) é a categoria mais importante dentro área Sociocultural e Funcional. Na área Económica, a categoria C12 (Custo de ciclo de vida) é considerada a mais relevante, comparável à C22 (Acessibilidades) que pertence à área Lugar. Estes resultados espelham as principais preocupações no sector da saúde: o conforto dos utilizadores, as amenidades/instalações disponíveis e controlo dos custos.

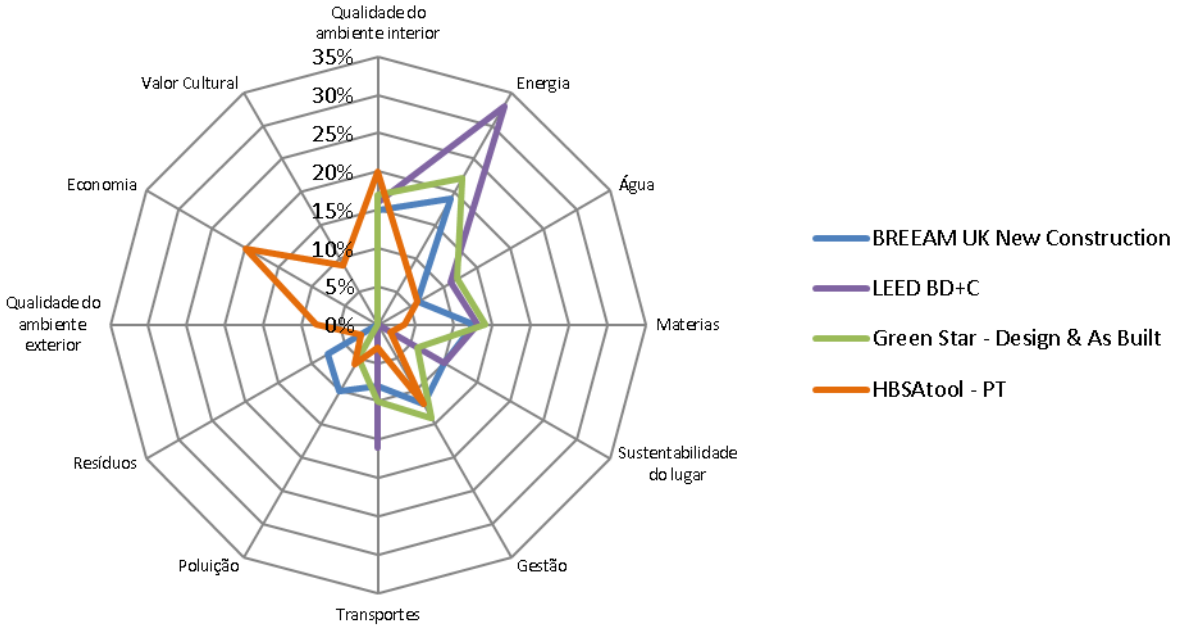
Figura 3. Pesos das Categorias em cada Área



4. DISCUSSÃO

Tendo em conta os métodos de avaliação existentes, enumerados na secção 1, é necessário ressaltar que o BREEAM UK New Construction, LEED BD + C, Green Star - Design & As Built e o método HBSAtool-PT proposto, utilizam uma abordagem semelhante relativamente ao cálculo do nível de sustentabilidade global. Deste modo, pode ser feita uma comparação (Figura 4), tendo como base as principais categorias apresentadas na norma ISO/AWI 21929 (ISO TS, 2010). Por outro lado, não é possível incluir o CASBEE - NC nesta análise, porque esta ferramenta utiliza um método diferente e específico para quantificar a pontuação global (CASBEE, 2010).

Figura 4. Comparação entre os pesos, considerando as principais categorias da ISO / AWI 21929



Analisando a Figura 4, é importante salientar que no LEED, a categoria que apresenta maior peso é a Energia, apresentando uma importância de cerca de 35% na classificação global de um edifício. Por outro lado, no BREEAM UK New Construction há uma ponderação mais equilibrada entre as categorias, e no método Green Star - Design & As Built é possível identificar três grupos principais de categorias: Qualidade do ambiente interior, Energia e Materiais. Em comparação com os outros métodos, o HBSAtool-PT abrange três categorias que os outros não englobam: Qualidade do ambiente exterior; Economia; e Valor Cultural. Além disso, neste método, a Economia é uma das duas categorias que tem maior peso na avaliação global da sustentabilidade. Com base nestas diferenças, é possível concluir que este estudo contribui para o desenvolvimento dos métodos de HBSA, uma vez estabelece uma lista mais abrangente de indicadores que está em linha com as normas em vigor.

5. CONCLUSÃO

Este tipo de estudos e iniciativas possuem uma expressão significativa na procura da melhoria do desempenho dos edifícios de saúde. A partir deste estudo e no âmbito do método proposto, algumas conclusões podem ser retiradas no contexto da promoção do nível de sustentabilidade das UPCS:

- Estes métodos de avaliação podem ser utilizados para sensibilizar e promover práticas sustentáveis em UPCS, reduzindo os consumos e custos e, consequentemente, os impactos ambientais e económicos desses edifícios, através do suporte às tomadas de decisão, tanto das equipas de projeto como das responsáveis pela gestão dos edifícios.
- Tendo sido considerada a opinião das principais partes interessadas, tanto a lista de indicadores como o sistema de pesos estão mais alinhados com as suas expectativas, aumentando assim o potencial e eficácia da implementação do método.

- A utilização deste método permite aos gestores hospitalares comparar a eficiência operacional do seu edifício com as práticas convencionais e melhores práticas de sustentabilidade no contexto português.

AGRADECIMENTOS
Os autores agradecem o financiamento atribuído pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e o programa POPH/FSE com a referência SFRH/BD/77959/2011.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSS. *Guia de boas práticas para o sector da saúde* (1st ed.). Lisboa: ACSS, 2013. 30 P.

ACSS. *Relatório de Benchmarking | hospitais EPE e PPP*. Lisboa: ACSS, 2012.

ALI, H. H., & NSAIRAT, Al, S. F. Developing a green building assessment tool for developing countries - Case of Jordan. *Building and Environment*, V. *44* n. 5, p. 1053–1064, 2009.

BAUM, M., SHEPLEY, M., GINBERG, R., & ROSTENBER, B. Eco-Eflective Design and Evidence-Based Design: Perceived Synergy and Conflic. *Herd*, n. *2*, p. 56–70, 2009.

CASBEE. *CASBEE for New Construction*. JSBC, 2010 309 p.

CASTRO, M. F., MATEUS, R., & BRAGANÇA, L. Proposal for a Healthcare Building Sustainability Assessment (HBSA) Method (1st ed., V. 5, p. 607–613). Presented at the World SB14 Barcelona, Barcelona, 2014.

CASTRO, M. F., MATEUS, R., & BRAGANÇA, L. A critical analysis of building sustainability assessment methods for healthcare buildings. *Environment, Development and Sustainability*, V. *17* n. 6, p. 1381–1412, 2015.

GEISSLER, S., & MACOUN, T. *Sustainability indicators of built environment* (Marnela-Valle). Vienna: CRISP, 2001, 26 p.

GUENTHER, R., & VITTORI, G. Sustainable healthcare architecture. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2013.

ISO TS. *ISO/AWI 21929, Building Construction – Sustainability in Building Construction – Sustainability Indicators - Part 1 - Framework for the development of indicators for buildings and core indicators*. Geneva: ISO, 2010, 31 p.

KURTZ, J., JACKSON, L., & FISHER, W. Strategies for evaluating indicators based on guidelines from the Environmental Protection Agency's Office of Research and Development. *Ecological Indicators*, V. *1*, p. 49–60, 2001.

SAATY, T. L. What is the Analytic Hierarchy Process?. New York: McGraw Hill, 1988, 2121 p.

SAMBASIVAN, M., & FEI, N. Y. Evaluation of critical success factors of implementation of ISO 14001 using analytic hierarchy process (AHP): a case study from Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, V. *16*, n. 13, p. 1424–1433, 2008.

THANKI, S., GOVINDAN, K., & THAKKAR, J. An investigation on lean-green implementation practices in Indian SMEs using analytical hierarchy process (AHP) approach. *Journal of Cleaner Production*, n. *135*(C), p. 284–298, 2016.

EDUCAÇÃO, TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA, EMPODERAMENTO E POLÍTICAS PÚBLICAS

REALIZAÇÃO: PROMOÇÃO: APOIO / PATROCÍNIO:

SUMÁRIO

35. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA NBR 15575 E DE ESTRATÉGIAS PARA AMPLIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE 419

51. JWOOD: FERRAMENTA EDUCACIONAL COMO INCENTIVO À ADOÇÃO DA MADEIRA COMO SOLUÇÃO ESTRUTURAL SUSTENTÁVEL 429

52. PATRIMÔNIO CULTURAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 439

110. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O EDIFÍCIO ESCOLAR NA REDE MUNICIPAL DE ENSINO DE PORTO ALEGRE O CASO DAS ESCOLAS RINCÃO E OSMAR SANTOS FREITAS 449

119. A FORMAÇÃO PROFISSIONAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL E A PRODUÇÃO EM ESCALA DA HABITAÇÃO NO BRASIL: CONFORMAÇÕES E CONTRAPONTOS 461

141. ENSINO E CAPACITAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE TERRA 471

177. EMPODERAR PARA TRANSFORMAR: UMA EXPERIÊNCIA NO SUL DO BRASIL 483

226. AÇÕES SUSTENTÁVEIS NA REFORMULAÇÃO DE ESPAÇOS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL 493

312. SUSTENTABILIDADE E AGRICULTURA FAMILIAR: O DILEMA DA SUCESSÃO INTERGERACIONAL NO OESTE CATARINENSE 503

412. EMPODERAMENTO DE COMUNIDADES URBANAS EM PROCESSOS PARTICIPATIVOS DE GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES 513

427. “CASA DE BRINCAR”: COMO O PROJETO ARQUITETÔNICO DE ESCOLAS INFANTIS PODE SER MAIS ADEQUADO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CRIANÇA? 525

449. SUSTENTABILIDADE URBANA E CIDADANIA: INTEGRAÇÃO MULTIDISCIPLINAR ENTRE UNIVERSIDADE E EDUCAÇÃO BÁSICA 537

452. SUSTENTABILIDADE NOS MODOS DE HABITAR E ENVELHECIMENTO ATIVO: UM ESTUDO SOBRE COHOUSINGS NO BRASIL 547

465. ENGENHEIROS SEM FRONTEIRAS: INTEGRAÇÃO DOS CONHECIMENTOS TEÓRICO-PRÁTICOS DOS ALUNOS DE ENGENHARIA APLICADOS NO DESENVOLVIMENTO SOCIAL 557

493. A IMPORTÂNCIA E DESAFIOS DOS SOFTWARES NO ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO: VENTILAÇÃO E AERODINÂMICA DAS CONSTRUÇÕES 567

556. DISPONIBILIDADE DE INVESTIMENTO EM SOLUÇÕES DE BAIXO IMPACTE AMBIENTAL 577

558. EVOLUÇÃO E TENDÊNCIAS DAS PESQUISAS SOBRE AMBIENTE CONSTRUÍDO: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS ENCONTROS SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS (ANTAC) 587

35. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA NBR 15575 E DE ESTRATÉGIAS PARA AMPLIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

BRENNER, Bruna Liliane[1](brunaabrenner@gmail.com); GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf[1] (mgonzalez@unisinos.br); BALDO, Matheus Sbardelotto[1] (matheusbaldo@gmail.com)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Bruna L. Brenner*

RESUMO

Diversos países do mundo possuem normas com diretrizes que visam a ampliação do desempenho em edificações com finalidade de proporcionar mais conforto aos usuários e ampliar a qualidade e eficiência dos edifícios. No Brasil a normatização da avaliação do desempenho em edificações consolidou-se em 2013 com a NBR 15575 (ABNT, 2013), que estabelece diversos critérios ao projeto de edificações de uso residencial. Seus requisitos vêm sendo largamente estudados no meio acadêmico, porém é necessária uma avaliação de como os profissionais da construção civil vêm recebendo estas novas exigências, adaptando-se a elas e as aplicando em seus projetos. A fim de realizar esta avaliação foi enviado um questionário a engenheiros civis e arquitetos atuantes na região metropolitana de Porto Alegre, Brasil analisando a popularidade do uso das estratégias de desempenho térmico, acústico e lumínico, propostas na norma nesta localidade após três anos de sua entrada em vigor. Os resultados mostraram que apesar de ainda existirem desafios e dificuldades a superar, o desempenho ambiental vem se popularizando não apenas entre profissionais, mas também entre clientes, o que é de grande importância para sua evolução e consolidação no mercado da construção civil.
Palavras-chave: NBR15575, Desempenho Ambiental, Mercado da Construção Civil

ABSTRACT

Several countries in the world have standards with guidelines that aim to increase performance in buildings to provide more comfort to users and increase the quality and efficiency of buildings. In Brazil the standardization of performance evaluation in buildings was consolidated in 2013 with NBR 15575 (ABNT, 2013) which establishes several criteria for the design of residential buildings. Their requirements have been widely studied in academia, but an evaluation of how construction professionals are receiving these new requirements, adapting to them and applying them in their projects is necessary. In order to carry out this evaluation, a questionnaire was sent to civil engineers and architects working in the metropolitan area of Porto Alegre, Brazil analyzing the popularity of the use of the thermal, acoustic and luminous performance strategies proposed in the standard in this locality after three years of its entry into force. The results showed that although there are still challenges and difficulties to overcome, environmental performance has become popular not only among professionals, but also among customers, which is of great importance for its evolution and consolidation in the construction market.
Keywords: NBR15575, Environmental Performance, Construction Market

1. INTRODUÇÃO

No ano 2000 um projeto financiado pela Caixa Econômica Federal para a criação de um método de avaliação de sistemas construtivos inovadores baseado no conceito de desempenho foi o primeiro passo concreto para a publicação da NBR 15.575/2010 (KERN, SILVA et al., 2015). Devido ao grande impacto causado pelas alterações propostas pela Norma a data de sua entrada em vigor foi duas vezes prorrogada e sua vigência oficial iniciou-se em julho de 2013. A NBR 15575 (ABNT, 2013), também conhecida como norma de desempenho, passou a estabelecer critérios para a construção de unidades habitacionais no território brasileiro e teve sua abrangência ampliada em relação à sua versão anterior, a NBR 15575 (ABNT, 2010) que estabelecia parâmetros apenas para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.

O vigor da NBR 15575 (ABNT, 2013) trouxe diversas mudanças à construção civil no Brasil, pois implicou na implantação de uma nova metodologia de projeto de edificações. A necessidade de adaptação passou por diversos setores relacionados à construção do edifício, tais como: projetistas, indústria, fornecedores e construtores (KERN, SILVA et al., 2015). Já estimando as dificuldades de profissionais em compreender a norma, principalmente pelo fato de não ser prescritiva, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) publicou em 2013 o Guia Orientativo para Atendimento a NBR 15575/ 2013 (CBIC, 2013). O guia sintetiza questões importantes citadas na norma, além de mencionar a relação existente entre ele e as exigências da Caixa Econômica Federal e Banco do Brasil para concessão de crédito imobiliário. Com três anos de vigor da norma e após muitas mudanças ocorridas, ainda é possível enxergar um mercado em adaptação, ou seja, não totalmente adequado às novas exigências.

A norma de desempenho fez também aumentar de forma significativa a popularidade dos conceitos de desempenho nas edificações dentro e fora do meio acadêmico. Diversas pesquisas vêm sendo realizadas em torno dos requisitos da norma, porém ficam dúvidas sobre a inclusão do conteúdo estudado na academia nos projetos de edificações reais devido às dificuldades encontradas pelo setor para adaptar-se às novas exigências. Este artigo tem como objetivo analisar a popularidade das práticas de projeto voltadas para ampliação do desempenho térmico, acústico e lumínico na rotina de arquitetos e engenheiros civis da região metropolitana de Porto Alegre. Para isto foram enviados questionários a profissionais das áreas de arquitetura e engenharia civil de diversas cidades da região indagando sobre seu conhecimento em relação à norma, aos conceitos e requisitos relativos ao desempenho ambiental por ela descritas, sua aplicação nos projetos realizados, entre outros itens.

2. A NORMA DE DESEMPENHO - NBR 15575

O conceito de desempenho está presente na construção civil há muito tempo. No meio acadêmico sua definição mais aceita é a elaborada em 1982 por Gibson que afirma que desempenho é a prática de se pensar em termos de fins e não de meios, ou seja, com os requisitos que a edificação deve atender, e não com a forma como esta deve ser construída (BORGES, 2008). A NBR 15575 (ABNT, 2013) segue exatamente este conceito, pois não é uma norma prescritiva, não indica como a edificação deve ser construída, mas sim o desempenho que deve atingir independente de seu sistema construtivo.

Em vigor desde julho de 2013 a NBR 15575 (ABNT, 2013) tem como objetivo ampliar a qualidade das edificações residenciais no Brasil trazendo desenvolvimento para a cadeia produtiva da construção civil e benefícios para o usuário. O incentivo ao desenvolvimento da indústria da construção se dá justamente por seu caráter prescritivo, permitindo o uso de novos materiais e

técnicas, desde que comprovem desempenho satisfatório. Já o usuário é beneficiado através da possibilidade de compra de imóveis com maior qualidade construtiva e que proporcionam mais conforto ambiental em seu interior, além de outros benefícios.
Dividida em seis partes a NBR 15575 (ABNT, 2013) possui requisitos específicos para os diferentes elementos da edificação: Requisitos gerais, para sistemas estruturais, de piso, de vedações verticais internas e externas, de coberturas e hidrossanitários. A norma classifica ainda os níveis de desempenho de acordo com a adequação aos critérios estabelecidos; os níveis são: M (mínimo), I (intermediário) e S (superior), sendo o nível mínimo considerado obrigatório.

3. DESEMPENHO AMBIENTAL

O desempenho ambiental em edificações residenciais ao longo de seu período operacional está entre os requisitos apontados pela NBR 15575 (ABNT, 2013) através das exigências relacionadas ao desempenho térmico, acústico e lumínico. Para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), desempenho ambiental é a conformidade dos ambientes internos da edificação a um conjunto de requisitos estabelecidos em função das exigências humanas levando em consideração as condições térmicas, lumínicas, de ventilação, insolação, acústica, visual e táctil (IPT, 2016).
O conceito de desempenho ambiental envolve variáveis humanas de caráter fisiológico, psicológico e econômico que devem ser satisfeitas pelo edifício a fim de que este cumpra a função para a qual foi projetado ao longo de sua vida útil (MITIDIERI FILHO, HELENE, 1998). Estas variáveis relativas à segurança, conforto, funcionalidade, entre outros aspectos são analisadas e posteriormente dão origem a critérios de desempenho a serem considerados no projeto e execução de uma edificação (HOPFE, 2009 *apud* KERN, SILVA et al., 2015).
Baseado na norma, a aplicação de conceitos de desempenho ambiental no projeto implica na melhoria de aspectos como conforto térmico, acústico e lumínico (Corbella e Yannas, 2009). Apesar deste fato, já há muitos anos, o desenvolvimento de projetos em construtoras e incorporadoras está voltado principalmente para a redução de prazos e custos no projeto e na execução da obra, visando primordialmente o lucro e deixando muitas vezes em segundo plano o desempenho ambiental das edificações, entre outros elementos relacionados à qualidade do edifício (OKAMOTO, 2015).
O conforto ambiental nos espaços internos é de grande importância, pois pode ter influência na qualidade de vida dos usuários de um edifício. O desconforto do usuário no ambiente pode ocorrer por frio, calor, irritação com ruídos, pouca ou muita iluminação e com isto efeitos negativos podem aparecer, tais como interferência no desempenho de tarefas, stress, dores de cabeça, entre outros (FERRAZ, 2008).
As estratégias para ampliação do conforto ambiental são mais facilmente aplicadas na etapa de projeto. Escolhas adequadas nesta etapa são fundamentais para o posterior desempenho do edifício (IPT, 2016). A aplicação de estratégias para ampliação do desempenho ambiental das edificações depende de fatores como o conhecimento e capacitação dos profissionais e da valorização do mercado na hora da compra do imóvel.

4. MÉTODO

A análise em relação ao conhecimento e aplicação dos conceitos relacionados ao desempenho ambiental e da norma entre profissionais da construção civil foi realizada a partir do envio de questionários a arquitetos e engenheiros civis atuantes em projetos e execução de obras residenciais na região metropolitana de Porto Alegre, RS. O questionário enviado visou analisar a popularidade da aplicação das estratégias de desempenho térmico, acústico e lumínico nesta localidade. Primeiramente foram solicitadas informações básicas do profissional, tais como idade,

tempo e universidade de formação, formação complementar e área de atuação. A sequência foi dada com questões relacionadas ao conhecimento e aplicação da NBR 15575 e das estratégias para ampliação do desempenho térmico, acústico e lumínico. Por fim foi questionada a importância dada pelos respectivos clientes e pelos próprios profissionais a estes aspectos.
O questionário foi respondido por 70 profissionais, sendo 35 arquitetos e 35 engenheiros civis que atuam no mercado da construção civil em atividades de projeto e execução de obras residenciais, sendo que alguns, além destas, realizam atividades de docência, pesquisa, entre outras. Em relação à representatividade da amostra não é conhecido o número exato de profissionais atuantes na região em projetos e execução de obras residenciais, onde se aplica a NBR 15575 (ABNT, 2013), sendo assim não foi realizada análise estatística.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A amostra é composta 50% de arquitetos e 50% de engenheiros civis. Atuar na área de projeto e/ou execução de obras residenciais foi um pré-requisito para a seleção de profissionais a entrevistar, pois considerou-se fundamental a atuação nestas áreas para a análise proposta pelo artigo. 45 entrevistados (80,4%) atuam na área de projeto, 26 (46,4%) na área de execução. 8,9% dos entrevistados, além de uma destas, realiza também atividade de docência, 12,5% atividade de pesquisa e 12,5% outras atividades.
Dando início aos questionamentos relacionados ao desempenho ambiental propriamente dito os entrevistados responderam sobre quais as análises relacionadas a este já haviam sido realizadas em projetos nos quais tenham integrado a equipe. Os resultados são apresentados no Gráfico da Figura 1. 17,14% dos entrevistados alegam nunca ter participado de projetos onde tenham sido aplicadas estratégias para ampliação do desempenho ambiental. A maioria dos profissionais (72,85%) alega já ter participado de projetos onde foram aplicadas estratégias para ampliação do desempenho térmico.

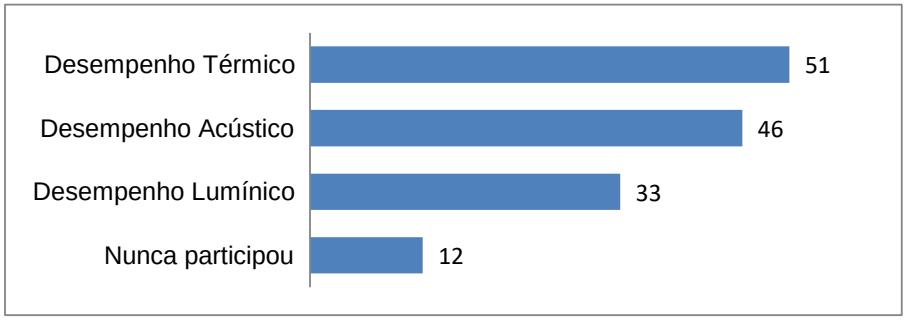


Figura 1 - Análises de desempenho já realizadas pelos profissionais
Fonte: Os Autores

Aos 82,86% dos profissionais que já participaram de projetos onde tenham sido aplicadas estratégias para ampliação do desempenho ambiental, foi solicitada a especificação de quais destas haviam sido utilizadas. As respostas para esta pergunta encontram-se resumidas no Gráfico da Figura 2 onde é possível observar que a estratégia mais popular é a utilização de isolantes térmicos.

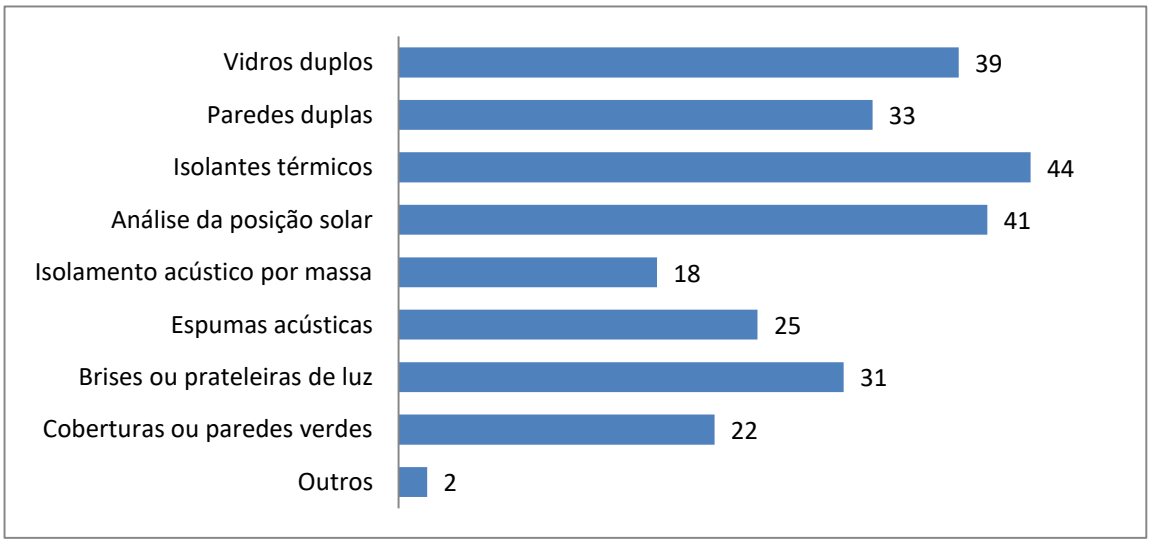
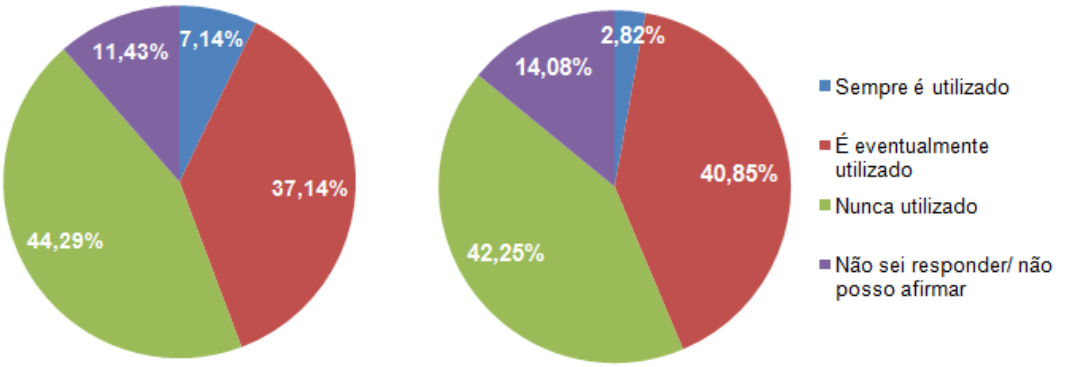


Figura 2 - Gráfico especificação das estratégias já utilizadas pelos profissionais
Fonte: Os Autores

Uma importante ferramenta para análise do desempenho ambiental das edificações são os *softwares* computacionais de simulação. Apesar disto pesquisadores como Palos et al.(2014) e Barison & Santos (2016) afirmam que ainda não é frequente o uso destas em escritórios de projeto. Em relação a isto os engenheiros civis e arquitetos foram também questionados sobre o uso destes *softwares* de simulação para verificação desempenho térmico e lumínico nos projetos dos quais integraram as equipes. A maioria dos entrevistados diz nunca utilizar a simulação para ambas as análises, o que pode ser observado nos gráficos da
Figura **3**. A parcela que alega utilizar a simulação em todos os seus projetos é, de fato, muito pequena para ambas as análises.



(a) (b)

Figura 3 - Gráficos (a) uso de software para simulação desempenho térmico e (b) uso de software para simulação desempenho lumínico
Fonte: Os Autores

O desinteresse e a falta de valorização do mercado é muitas vezes apontado como motivo para a não aplicação das estratégias que visam a ampliação do desempenho ambiental nas edificações. Os entrevistados então responderam perguntas sobre o interesse de seus clientes pelos aspectos de desempenho térmico, acústico e lumínico. Foi-lhes questionado com que frequência os clientes solicitam estas análises e aplicação de estratégias para ampliação do conforto ambiental. 67,14% dos entrevistados respondeu que seus clientes eventualmente o fazem e 4,29% respondeu que sempre o fazem (Figura 4). Deste modo, é possível perceber que parte do mercado já tem a compreensão da importância da aplicação destas estratégias.

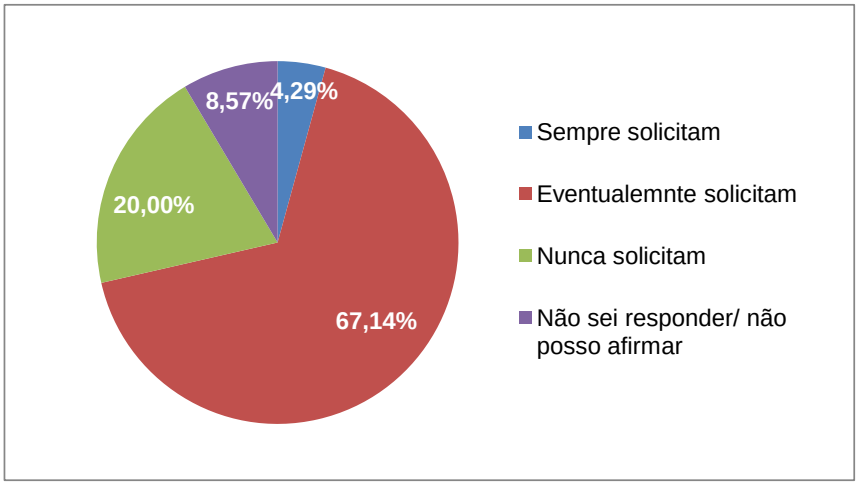


Figura 4 - Gráfico solicitação dos clientes para a aplicação de estratégias para ampliação do desempenho ambiental
Fonte: Os Autores

Quando questionado sobre qual/ quais itens já haviam sido solicitados pelos clientes dos entrevistados, as respostas revelaram que a ampliação do desempenho térmico é o item mais lembrado pelo mercado (Figura 5).



Figura 5 - Gráfico itens relacionados ao desempenho ambiental solicitados pelos clientes dos entrevistados
Fonte: Os Autores

Sobre os obstáculos enfrentados para a aplicação dos conceitos da Norma de Desempenho e estratégias para ampliação do conforto térmico no interior da edificação a maioria dos entrevistados

considera como a maior dificuldade a falta de valorização por parte do mercado seguido pela falta de conhecimento por parte dos profissionais (Figura 6).

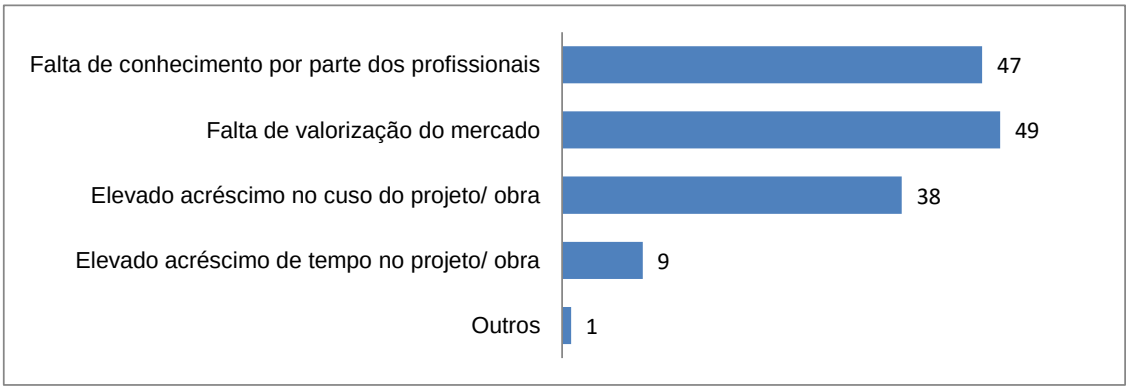


Figura 6 - obstáculos/ dificuldades para a aplicação das estratégias de desempenho em projetos e obras na construção civil na opinião dos entrevistados
Fonte: Os Autores

Com a NBR15575 (ABNT, 2013) em vigor a necessidade do incremento do conhecimento de arquitetos e engenheiros civis em relação ao desempenho começa a ser reconhecida pelos próprios profissionais. Sendo assim verifica-se o possível surgimento de uma adaptação nos cursos de arquitetura e engenharia para que estes profissionais obtenham mais conhecimento sobre este assunto já na graduação e possam adaptar-se com mais facilidade à nova realidade do mercado (CAUBR, 2013). Além do conhecimento dos conceitos de desempenho em si, é importante que o profissional saiba, por exemplo, como aplica-los de forma eficiente no momento do projeto. Isto pode ser facilitado com o aprendizado de ferramentas BIM, que segundo Barison & Santos (2016), ainda está longe da maior parte das universidades do país.
Além do conhecimento e aplicação das estratégias de desempenho ambiental, a afinidade com a NBR15575 (ABNT, 2013) também foi questionada aos profissionais entrevistados. 48,57% dizem conhecer bem a norma, outros 48,57% dizem conhecer, mas não muito bem e apenas 2 profissionais (2,86%), um arquiteto e um engenheiro civil, alegam nunca ter ouvido falar da NBR15575 (ABNT, 2013) (**Figura 7**).

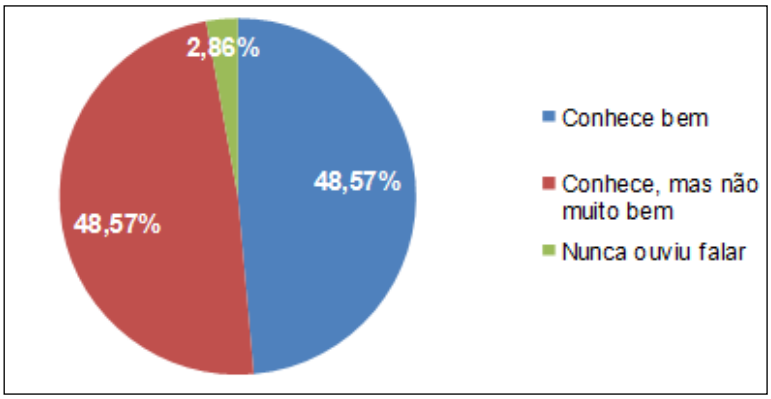


Figura 7 - Afinidade dos profissionais com a NBR 15575 (ABNT, 2013)
Fonte: Os Autores

Por fim, os entrevistados responderam sobre o quão importante consideram as análises de desempenho ambiental do edifício. 87,3% considera muito importante a análise do desempenho térmico, seguida por 8,9% que a considera de média importância e finalizada por 3,8% considerando pouca importância.
O desempenho acústico é considerado por 81% dos entrevistados como uma análise muito importante, por 13,9% de média importância e por 5,1% de pouca importância. O desempenho lumínico é visto por 72,2% dos profissionais como muito importante, por 22,8% de média importância e por 5,1% de pouca importância. Os números desta análise revelam que a maioria dos profissionais entrevistados considera as três análises muito importantes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das respostas coletadas através dos questionários enviados a arquitetos e engenheiros civis da região metropolitana de Porto Alegre foi possível verificar que a maioria destes possui conhecimento sobre os conceitos de desempenho ambiental e da NBR 15575 e alguns destes inclusive já aplica estes em alguns de seus projetos. A grande maioria considera de grande importância a análise e aplicação de estratégias para ampliação do desempenho ambiental das edificações, embora reconheça a carência de mais conhecimento do setor nesta área.
Segundo informações coletadas já existe também preocupação por parte de alguns clientes em relação ao desempenho térmico, acústico e lumínico. Estes solicitam certas vezes ao projetista a inclusão de análises e aplicação de conceitos relacionados a estes nos projetos contratados. Mesmo com esta evolução a falta de valorização por parte do mercado foi considerada pelos entrevistados como um obstáculo para o investimento em edificações com maior desempenho.

Embora ainda haja desafios e dificuldades a superar, o desempenho ambiental vem tornando-se mais popular entre profissionais e clientes, o que é de grande importância para sua evolução e consolidação no mercado da construção civil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da CAPES e do CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575** - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Partes 1-6. Brasil, 2013.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. O papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 103-120, 2016.

CAUBR, Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. Norma de desempenho traz grandes mudanças para construção de edifícios residenciais, 2013, Acesso em 18 de novembro de 2016, disponível em http://www.caubr.gov.br/mudancasnormadesempenho/

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de Edificações Habitacionais - Guia Orientativo para Atendimento a NBR 15575/ 2013**, Gadioli Cipolla Comunicação, Fortaleza, 2013.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: Desempenho ambiental**, 2ª ed, Revan, Rio de Janeiro, 2009.

FERRAZ, R. **Atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de múltiplos pavimentos,** 2008, Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Avaliação do desempenho térmico e energético de edificações e projetos.** Acesso em 18 de novembro de 2016, disponível em http://www.ipt.br/solucoes/190-avaliacao_do_desempenho_termico_e_energetico_de_edificacoes_e_projetos.htm.

KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. S. O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/2013). **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 89-101, 2014.

MITIDIERI FILHO, C. V.; HELENE, P.R. L. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural.** São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, 1998. (Boletim Técnico).

OKAMOTO, P. S. **Os impactos da norma brasileira de desempenho sobre o processo de projeto de edificações residenciais**, 2015, Dissertação (Mestrado de Engenharia de Construção Civil e Urbana) Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

PALOS, S.; KIVINIEMI, A.; KUUSISTO, J. Future perspectives on product data management in building information modeling. **Construction Innovation**, v. 14, n. 1, p. 52-68, 2014.

51. JWOOD: FERRAMENTA EDUCACIONAL COMO INCENTIVO À ADOÇÃO DA MADEIRA COMO SOLUÇÃO ESTRUTURAL SUSTENTÁVEL

SILVA, Juliano Lima da[1](juliano_lima_silva@hotmail.com); MUSSI, Andréa Quadrado*[2] *(andrea@imed.edu.br)*

[1 2] Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola Politécnica da Faculdade Meridional (PPGARQ - IMED), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

A madeira é um material de grande interesse para a construção civil na medida em que possui características físicas apropriadas para o uso estrutural, além de ser um material atrativo do ponto de vista da sustentabilidade e estética. No âmbito do uso de aplicativos para o ensino de estruturas, este trabalho propõe a apresentação do aplicativo JWood e relatos de uma experiência de alunos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo acerca de seu uso para aprendizado sobre dimensionamento e cálculo estrutural de elementos de madeira, com o propósito de facilitar a inserção de normativas e design de edificações sustentáveis no contexto acadêmico. Através de questionários fornecidos ao final das aulas de cursos de uso do programa, foi possível ao docente explorar o uso da ferramenta como objeto educacional complementar, apontando para possíveis melhorias no aplicativo e introdução do material madeira como alternativa de solução estrutural sustentável no repertório de projetos dos alunos.

Palavras-chave: Estruturas de madeira; Cálculo estrutural; Aplicativo; Educacional.

JWOOD: EDUCATIONAL TOOL AS AN INCENTIVE TO ADOPTION OF TIMBER AS A SUSTAINABLE STRUCTURAL SOLUTION

ABSTRACT

Timber is a material of great interest for civil construction as it has physical characteristics appropriate for structural use, besides being an attractive material from the point of view of sustainability and aesthetics. In the context of application use for the teaching of structures, this paper proposes presentation of the JWood application and reports of an experience with Civil Engineering and Architecture and Urbanism students about its use for structural dimensioning and calculation of timber elements, with the purpose of facilitating the insertion of standards and sustainable building design in the academic context. Through questionnaires provided at the end of the program use class courses, it was possible for the teacher to explore the tool's use as a complimentary educational object, pointing to possible improvements in the application and introduction of timber material as a sustainable alternative for structural solutions in the project repertoire of students.

Keywords: Timber structures; Structural calculation; Application; Educational.

1. INTRODUÇÃO

O material madeira tem se destacado como uma possível alternativa aos sistemas de concreto armado e aço, na medida em que seu processo de produção possui baixo consumo energético, apresentando também menor impacto ambiental nas etapas de transporte, construção e demolição, quando comparado a outros materiais. Além disso, o material é considerado leve e mecanicamente adequado, possui propriedades térmicas e acústicas de interesse para projetos voltados para

performance, é renovável e abundante na natureza, esteticamente interessante, facilmente trabalhável e transformável em múltiplos tipos de componente (PAJCHROWSKI et al., 2013).
Marques (2008) aponta para o caráter de sustentabilidade ambiental do material, por ser reciclável, renovável e biodegradável, exercendo também o papel de consumidor de dióxido de carbono e liberador de oxigênio. Nos aspectos relacionados à energia incorporada, emissão e libertação de gases, a madeira destaca-se com expressivo potencial para racionalização ecológica, tornando seu uso favorável nas diferentes aplicações da construção civil.
Seu uso como estrutura, conforme Martins (2010), está relacionado à suas propriedades físicas propícias para aplicação em obras de edificações residenciais ou industriais, capaz de transmitir adequadamente tanto tensões de tração como compressão, consequentemente qualificando-se como um material adequado para esforços de flexão e para a cobertura de grandes vãos. O material possui limitações dimensionais transversais e longitudinais devido à maneira como o material é encontrado e extraído na natureza, contudo, tais limitações podem ser mitigadas com novas tecnologias de laminação, colagem e união de elementos.

1.1 Projetos de estruturas de madeira

No Brasil, o cálculo e dimensionamento é dado pela NBR 7190/2011 – Projetos de estruturas de madeira, uma atualização da antiga normativa de mesmo nome, de 1997. O documento apresenta recomendações e exigências para o cálculo de estruturas de madeira em diferentes situações de esforços axiais – tração e compressão, classificação das madeiras conforme propriedades de espécie e contexto de construção – serrada ou roliça e para estruturas permanentes ou provisórias. Além disso, propõe verificações para solicitações à flexão, resistência ao cisalhamento, flecha limite e flambagem lateral (ABNT, 2011).
Embora seja um ponto de partida inicial interessante para profissionais, a organização das operações de cálculo estrutural apresentada na norma pode ser de difícil compreensão por estudantes. Muitas informações conectadas por vezes são apresentadas em capítulos separados, o que complica o entendimento sequencial do raciocínio a ser tomado para calcular elementos de madeira. No intuito de facilitar o processo de aprendizado e complementar outros aplicativos da área de estruturas, foi desenvolvido JWood, um programa dedicado ao conhecimento da normativa.

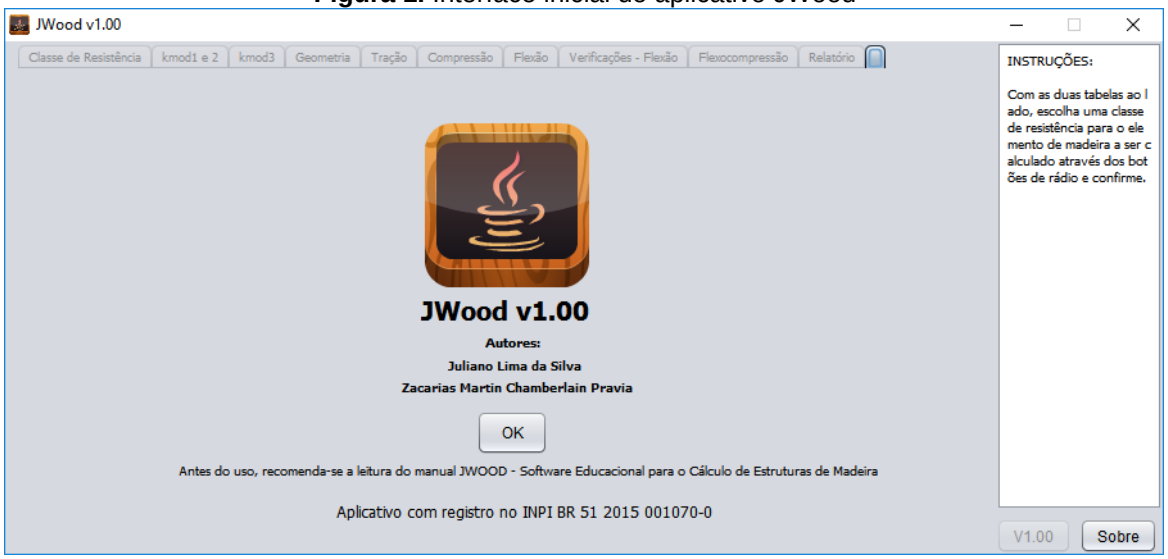
1.2 O aplicativo JWood

JWood[1] é um programa de cálculo de estruturas de madeira conforme as exigências de dimensionamento e recomendações da NBR 7190/2011, é o sucessor do aplicativo VisualTaco – feito para a normativa antiga, NBR 7190/1997 (PRAVIA; CHIARELLO, 2002).
O processo de programação do aplicativo foi dado por meio do IDE (Integrated Development Environment) Netbeans 8.0, um software desenvolvedor gratuito e de código aberto para implementação, contando com suporte para linguagens como Java, C#, PHP, Groovy e Ruby, nas plataformas Windows, Linux, Solaris e MacOs (NetBeans, 2016).
JWood foi programado em Java, com suporte para plataforma Windows, utilizando bibliotecas disponíveis no ambiente de desenvolvimento para design da interface, usando opções como paleta de conteúdo, painél de abas, botões e caixas de texto – elementos vinculados à programação de funções na janela de código fonte.

[1] JWood foi desenvolvido como pré-requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil, durante o Trabalho de Conclusão de Curso do autor Juliano Lima da Silva, sob orientação do professor Dr. Zacarias Martin Chamberlain Pravia, da Universidade de Passo Fundo.

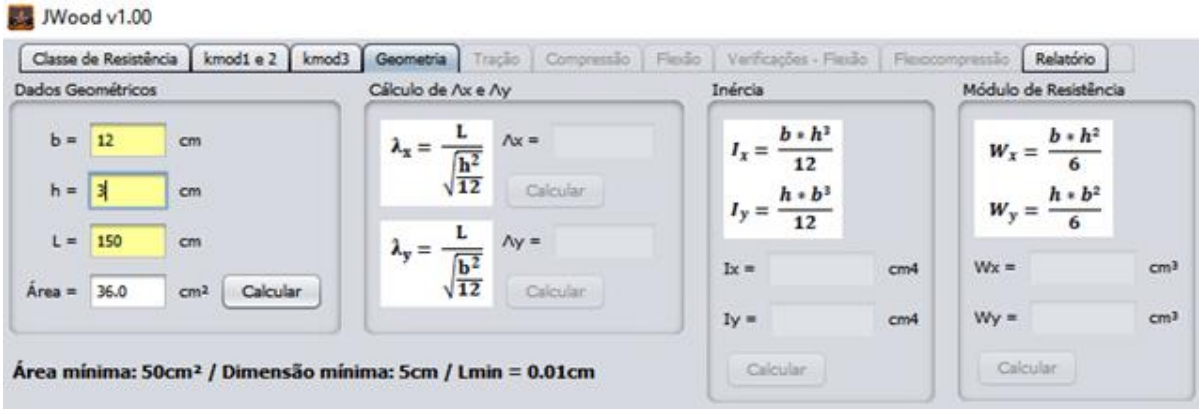
A interface do JWood é composta por uma janela inicial de apresentação (Figura 1), um botão "Sobre" apresenta informações relativas aos desenvolvedores e ao programa. O layout do programa é organizado por abas inicialmente bloqueadas, mas que são habilitadas conforme o usuário progride nas operações de cálculo.
No aplicativo, a finalidade principal é o cálculo de um elemento ou peça de madeira de determinadas características físicas e geométricas, de modo a atender as exigências da norma. A peça pode ser analisada quanto a situações de esforços de tração, compressão, flexão e flexocompressão. O programa permite retornar em etapas subsequentes e realizar mudanças de parâmetros a qualquer momento, bem como redefinir opções como área e propriedades geométricas através de botões.
Ao lado direito da interface, instruções básicas de uso do programa são apresentadas em uma caixa de texto que se atualiza conforme o contexto e a navegação por abas.

Figura 1. Interface inicial do aplicativo JWood



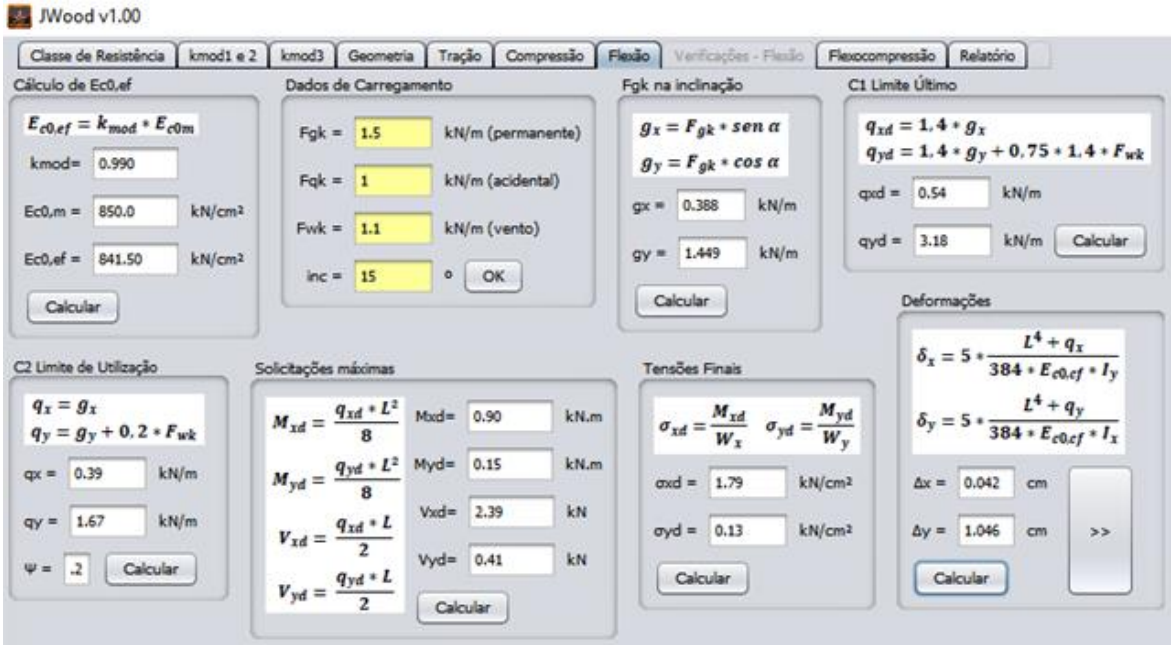
Inicialmente, o usuário imputa dados de classificação da peça a ser calculada, selecionando através de tabelas extraídas da NBR 7190, a classe de resistência e coeficientes conforme tipo de carregamento, umidade, densidade, qualidade e natureza do material.
Então, o usuário insere informações básicas de geometria da peça – base, altura e comprimento, dados suscetíveis a avisos na interface, relativos à dimensões mínimas, caso estas não sejam atendidas (Figura 2).
Cálculos relacionados à esbeltez, inércia e módulo de resistência são apresentados na sequência. O programa se encarrega de verificar e guardar as informações, apresentando as mesmas durante o uso, no momento em que forem necessárias e habilitando abas de tração, compressão e flexão conforme o usuário progride na sequência de operações do programa.

Figura 2. Aba de dimensionamento e alerta para erros



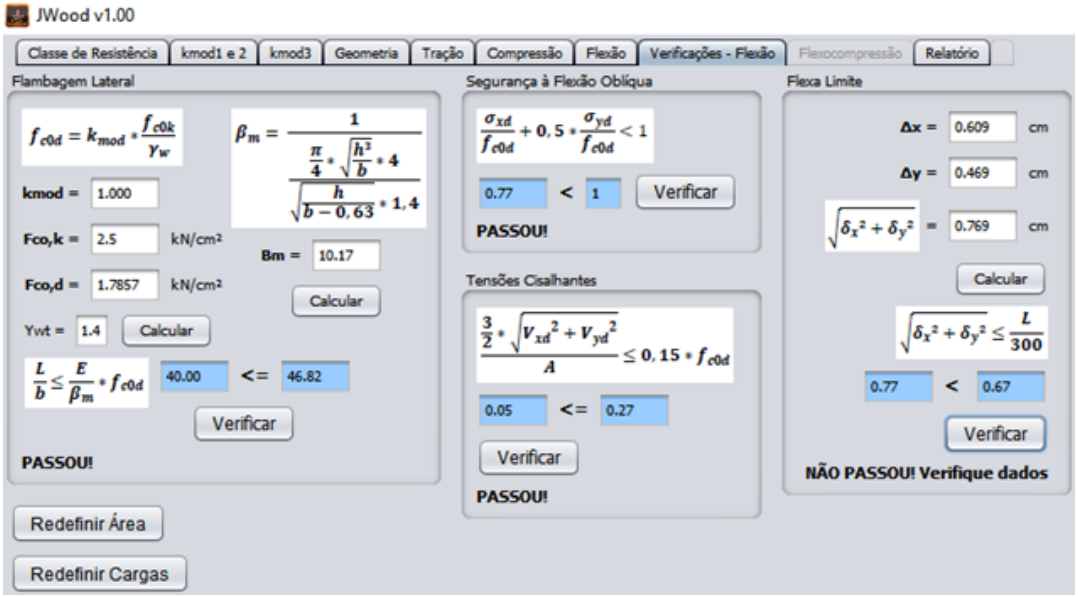
Além de abas de cálculo de esforços axiais de tração e compressão paralela as fibras, o aplicativo conta com uma interface de cálculo e verificação de flexão, onde o usuário pode inserir carregamentos permanentes, acidentais e de vento, bem como inclinação da peça. O aplicativo realiza sequencialmente os cálculos de combinações, solicitações e tensões, através de equações extraídas de recomendações da normativa, facilitando a compreensão da ordem das operações.

Figura 3. Aba de cálculo para flexão de elementos



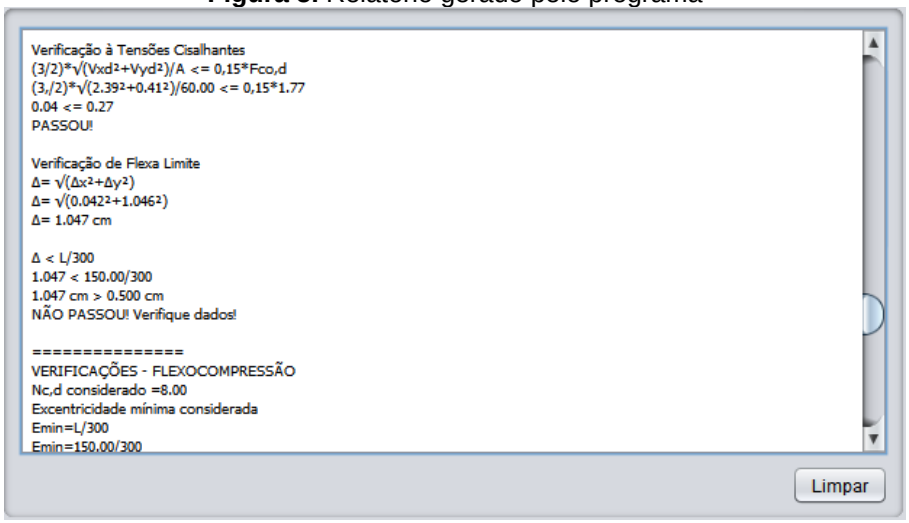
O aplicativo também possibilita ao usuário a apuração de condições de segurança, com abas dedicadas à verificações de situações de flexão (Figura 4) e flexocompressão de elementos de madeira, direcionando o usuário à avisos caso a peça a ser calculada não atenda um dos requisitos.

Figura 4. Aba de verificações de flexão



Conforme operações são efetuadas na interface do programa, um memorial de cálculo é constituído automaticamente por meio de um relatório de texto, possibilitando entender o raciocínio sequencial de equações realizadas em um elemento de madeira(Figura 5).

Figura 5. Relatório gerado pelo programa



O aplicativo conta com um manual de uso, descrevendo as etapas e minúcias da normativa NBR 7190 em cada aba do software. O pacote está disponível para download no Etools, repositório online de ferramentas computacionais voltadas para o ensino de estruturas com mais de 27.000 usuários cadastrados internacionalmente (Etools, 2016). O banco de dados virtual conta com outros aplicativos destinados ao cálculo e verificação de elementos estruturais, determinação de ações de vento e atendimento à normativas da área estrutural, possuindo diversas ferramentas dedicadas ao aprendizado de engenharia.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste em apresentar o aplicativo JWood como ferramenta complementar no ensino de estruturas de madeira, bem como avaliar de forma preliminar as funções do aplicativo através de uma experiência, propondo seu uso de modo a aumentar o repertório de opções dos alunos da área da construção civil, para que desenvolvam interesse acerca do uso de madeira como componente de seus projetos, visando sua aplicação como material sustentável.

Através do aplicativo, busca-se facilitar o entendimento de aspectos da normativa NBR 7190, com inserção de conceitos importantes de forma sequencial, para dar embasamento ao dimensionamento e verificações de estruturas de madeira.

Além disso, busca-se informações que melhorem a interface, funcionalidades e possibilidades de uso do aplicativo, para que experiências subsequentes possam ser realizadas a fim de aferir o aprendizado proporcionado pelo caráter complementar do aplicativo e sua inserção em disciplinas de estruturas nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa deste trabalho é de caráter exploratório e realizada em duas etapas: primeiramente é dado um minicurso sobre o aplicativo; então é feito um questionário qualitativo acerca de implicações do uso da ferramenta no aprendizado de estruturas de madeira.

Por meio de um minicurso com duração de 4 horas, ministrado durante o V Seminário Internacional de Construção Sustentável, da Faculdade Meridional – IMED, foram apresentados usos do material madeira com função estrutural e sua importância para o projeto sustentável à um total de 39 alunos presentes.

O minicurso foi dividido em 3 etapas: inicialmente, embasamento teórico acerca de propriedades da madeira, aplicações na construção civil e caráter de sustentabilidade ambiental quando comparado a outros sistemas estruturais; então, apresentação da normativa NBR 7190, com explicação acerca do dimensionamento à tração, compressão e flexão paralela às fibras, utilizando JWood para explicar sequencialmente as operações necessárias no cálculo estrutural; por fim, foi feito um exercício com o uso do aplicativo JWood para dimensionamento de elementos de madeira estruturais de um pavilhão – pilares, treliças, travamentos e terças, acompanhado de geração de memorial de cálculo.

No exercício, os alunos eram apresentados a uma cobertura treliçada com as valores de combinações de esforços máximos resultantes de tração e compressão em suas peças já apresentados, visto que o aplicativo JWood não realiza análise estrutural, sendo utilizado nesta situação para o dimensionamento de banzos, diagonais e montantes da cobertura. O cálculo de terças é então realizado conforme a aba de Flexão, terminando com demonstração das abas de verificações e aba de flexocompressão nos elementos aplicáveis.

Ao final dos exercícios, o questionário online foi apresentado aos alunos, composto por perguntas narrativas, de múltipla escolha e escala Likert de 5 pontos. Voluntariamente, os alunos poderiam

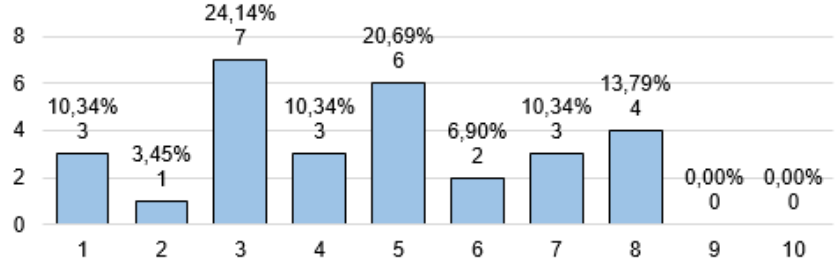
responder o questionário, um total de 29 (74,36% do total) alunos o fizeram, avaliando de forma inicial o conjunto minicurso e aplicativo e gerando discussão acerca do que foi apresentado.
O questionário possui 2 seções: inicialmente, é realizada a caracterização dos alunos, com questões relativas à curso, escolaridade, conhecimento acerca de estruturas e conhecimento do aplicativo JWood, de modo a elucidar o perfil dos alunos respondentes; então, é feita a avaliação do aplicativo como objeto educacional complementar, com perguntas em escala Likert – onde os alunos podem expressar sua concordância acerca de afirmações relativas ao uso do aplicativo para o aprendizado. Ao final, os alunos poderiam avaliar o aplicativo com base em aspectos de precisão, funcionalidades, importância, aparência e uso, sendo indagados quanto à se voltariam a utilizar e para que finalidades. Um campo de comentários e sugestões foi colocado ao final do questionário como maneira adicional de obtenção de *feedback*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização dos alunos

Os respondentes caracterizam-se em diferentes áreas de formação e escolaridade, bem como diferentes níveis de conhecimento acerca de estruturas. Dos respondentes, quanto ao curso, destaca-se Arquitetura e Urbanismo (22 alunos, 75,86%), Engenharia Civil (6 alunos, 20,69%) e Engenharia Mecânica (1 aluno, 3,44%). O grupo é composto por níveis de escolaridade de graduação (23 alunos, 79,31%), especialização (2 alunos, 6,89%) e mestrado (4 alunos, 13,78%).
Ao serem questionados quanto ao conhecimento sobre estruturas, através de uma escala de 10 pontos, foi possível identificar o perfil dos respondentes, cuja maioria se avaliou como com pouco (1 a 4, total de 48,28%) ou médio conhecimento (5 a 7, total de 37,93%), conforme Figura 6.

Figura 6. Conhecimento sobre estruturas declarado pelos respondentes

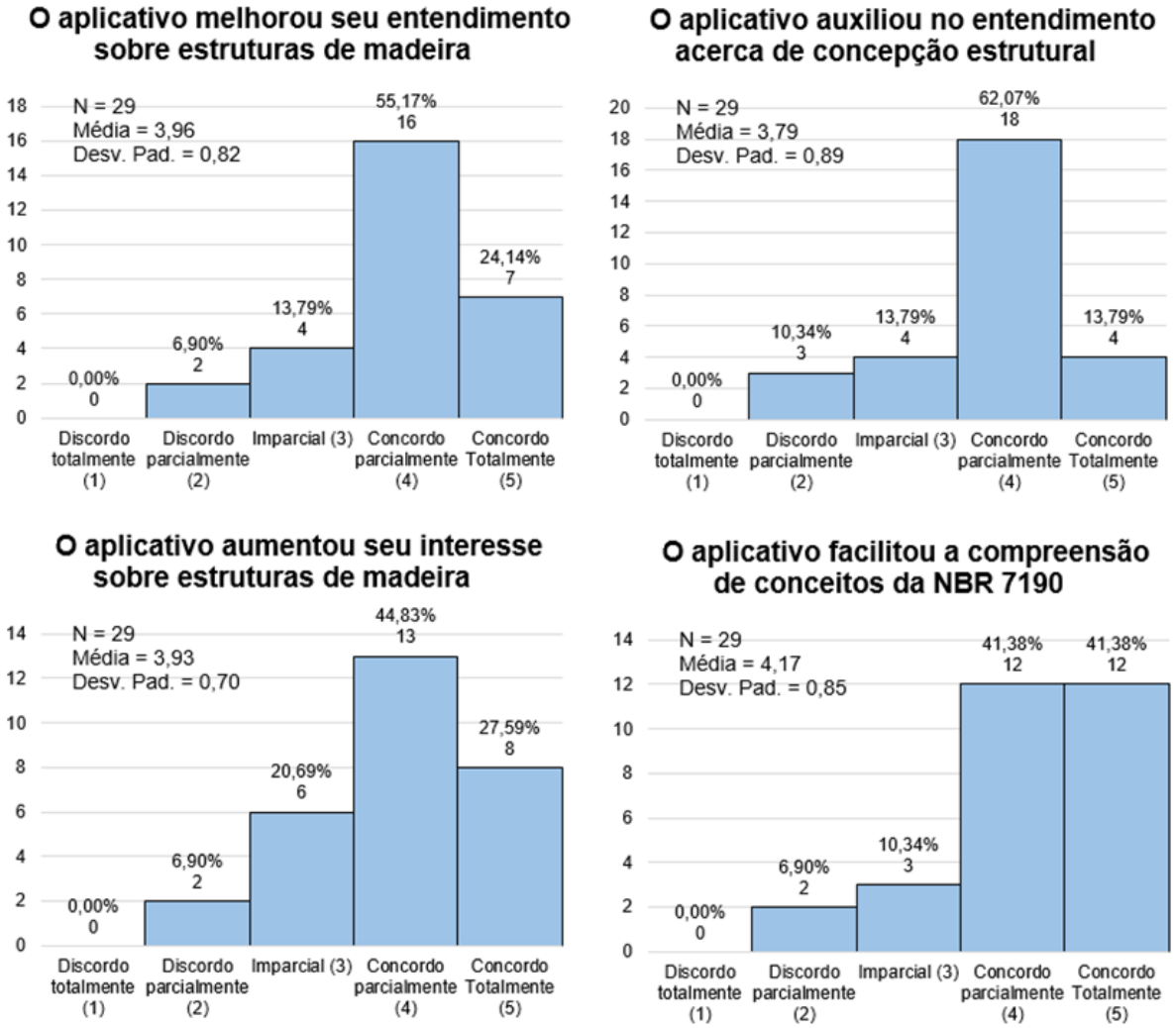


Por ser um minicurso de matrícula livre aos inscritos no evento, não foi possível filtrar os participantes por área ou nível de aprendizado, contudo, tais considerações foram tomadas para experiências subsequentes. Quanto à se previamente conheciam o aplicativo JWood, apenas um dos respondentes declarou que sim.

4.2 Avaliação do aplicativo

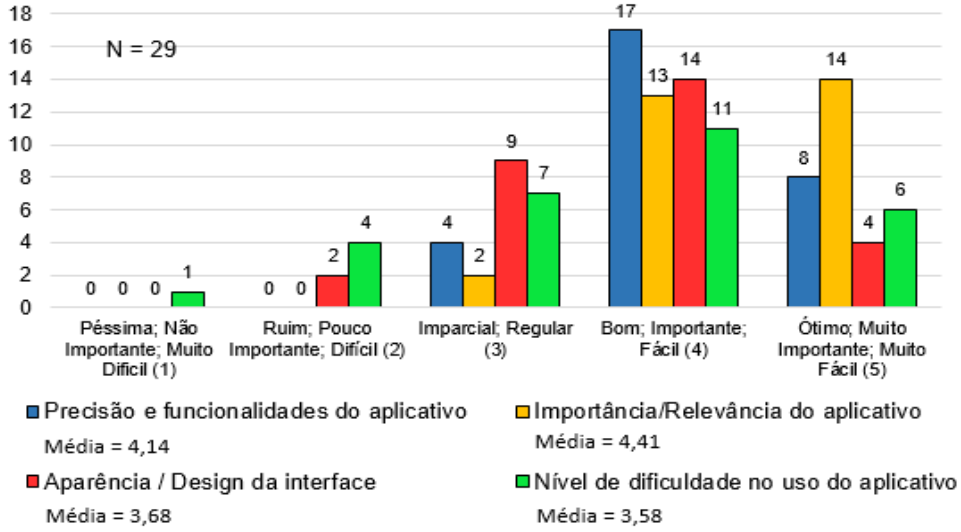
Ao serem apresentados à quatro diferentes afirmações (Figura 7), os alunos responderam positivamente quanto à possibilidade do uso do aplicativo para diferentes aspectos do aprendizado, expressando através da escala Likert de 5 pontos, predominância de valores médios que apontam para a concordância e com apenas 3 posicionamentos de discordância.
Destaca-se a quarta afirmação apresentada: “O aplicativo facilitou a compreensão de conceitos da NBR 7190’, cuja concordância média na escala foi de 4.17 pontos, demonstrando que, conforme a maioria dos respondentes, auxiliou no entendimento das exigências da normativa.

Figura 7. Avaliação por afirmações e escala Likert



Tais resultados, embora ainda incipientes no quesito quantitativo, apontam inicialmente que JWood pode ser utilizado como uma forma complementar de compreender tópicos de dimensionamento estrutural, por vezes complicados pela maneira como a norma os apresenta, podendo servir como uma potencial ferramenta para professores de disciplinas de estruturas, que podem utilizar o aplicativo em sala de aula para auxiliar no processo de entendimento de seus alunos. Na sequência, os respondentes avaliaram o aplicativo quanto a aspectos específicos, refletindo sua opinião acerca de: precisão e funcionalidades; importância/relevância; aparência/design e nível de dificuldade no uso (Figura 8).

Figura 8. Avaliação do aplicativo por aspectos



Os resultados apontam que, embora necessite de melhorias na aparência/design (total de 11 imparciais ou negativos) e possua certo nível de dificuldade de uso (12 imparciais ou negativos), o aplicativo possui precisão e funcionalidades adequadas, além disso, sua criação como ferramenta de aprendizado foi considerada importante/relevante pela maioria dos alunos.
Ao serem indagados se voltariam a utilizar o aplicativo ao calcular uma estrutura, 29 (100%) alunos responderam que sim. Quanto às finalidades citadas para o uso, 19 (65,51%) declararam que utilizariam o aplicativo para cálculo de pergolados, 24 (82,7%) para telhados e estruturas de obras residenciais, 11 (37,93%) para pavilhões e galpões industriais, 9 (31,03%) para pavilhões e galpões comerciais, 9 (31,03%) para pontes de pedestres, 4 (13,79%) para pontes de veículos.
Além disso, quando perguntados: “O aprendizado do aplicativo estimulou seu interesse em elaborar projetos que incorporem o material madeira?”, 27 (93,10%) responderam sim, apontando para aceitação do software no uso de madeira como solução estrutural sustentável em projetos.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um questionário preliminar oriundo de uma experiência única de minicurso do aplicativo JWood e seu uso para o dimensionamento de estruturas de madeira, com a intenção de inserir conceitos de materiais estruturais sustentáveis no ambiente educacional por meio da familiarização de estudantes com a norma NBR 7190, buscando instigar os alunos a utilizarem madeira em seus projetos acadêmicos e na vida profissional.
A proposta de uso do aplicativo resultou em avaliações positivas para fins educacionais, contudo, tais resultados estão limitados devido à fatores como tamanho da amostra, diferenças de nível de conhecimento sobre entre os alunos e falta de ferramentas como provas ou exercícios avaliativos.
Embora a experiência com os estudantes tenha servido como maneira de retroalimentar o processo de desenvolvimento do software, será necessário realizar novas experiências, envolvendo maior número de estudantes e metodologias de aferição de aprendizado adequadas aos níveis de conhecimento dos alunos, imagina-se a possibilidade de inserção experimental do aplicativo como complemento à teoria nas aulas de dimensionamento em disciplinas na Engenharia Civil e Arquitetura, atuando também como forma de vencer barreiras culturais de emprego de materiais sustentáveis por meio da familiarização e conhecimento de suas propriedades como estrutura.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer ao Prof. Dr. Zacarias Martin Chamberlain Pravia pela orientação durante o desenvolvimento do aplicativo; ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ) da Escola Politécnica da Faculdade Meridional (IMED), ao Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares (PROSUP), à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à Divisão de Intercâmbio em Ciência e Tecnologia da Universidade de Passo Fundo (UPFTec), pelo auxílio financeiro e bolsas que possibilitaram esta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projetos de estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 2011.

Etools. Ferramentas computacionais para o ensino de estruturas - Inicial. 2005. Disponível em: < http://www.etools.upf.br/ >. Acesso em 18 de dezembro de 2016.

MARTINS, Tomás Francisco Ribeiro Mendes. Dimensionamento de estruturas de Madeira. Lisboa, 165 p., 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade Técnica de Lisboa.

MARQUES, Luís Eduardo Menezes Marinho. O papel da madeira na sustentabilidade da construção. Porto, 111 p., 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

NetBeans. NetBeans IDE – Overview. 2016. Disponível em: < http://netbeans.org/features/index.html >. Acesso em 18 de dezembro de 2016.

PAJCHROWSKI, G. NOSKOWIAK, A. LEWANDOWSKA, A., STRYKOWSKI, W. Wood as a building material in the light of environmental assessment of full life cycle of four buildings. Construction and Building Materials, v. 52, p. 428-436, 2013.

PRAVIA, Z. M. C., CHIARELLO, J. A. O programa Taco: dimensionamento de elementos de estrutura de madeira segundo a NBR 7190/1997. São Paulo: XXX COBENGE, 2002.

SILVA, J. L. Desenvolvimento de software em java para o cálculo de estruturas de madeira. Passo Fundo, 96 p., 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Passo Fundo.

52. PATRIMÔNIO CULTURAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

ALVES, Jéssica de Fátima Rossone[1](jessica_rossone@hotmail.com); BRANDÃO, Guilherme Valle Loures[1] (guilherme.loures@engenharia.ufjf.br); CASTAÑON, José Alberto Barroso[1] (jose.castanon@ufjf.edu.br)
[1]Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

RESUMO
Os sítios históricos urbanos vivenciam uma fase de esgotamento das medidas de conservação e, apesar de receberem investimentos para a preservação do seu patrimônio, é quase inexistente uma estratégia de gestão integrada que consolide o seu desenvolvimento sustentável. Simultaneamente, observa-se que a noção de patrimônio cultural contemporânea é mais ampla do que aquela que se fazia há poucas décadas. Atualmente preserva-se a identidade em transformação, portanto, a preservação está na manutenção da função social do bem, adaptando-o às mudanças socioculturais. A sustentabilidade, no âmbito do patrimônio, pode referir-se a ações que incentivam a conservação e preservação, através de articulação da comunidade, base legal específica ou, ainda, outras formas de atração de investimentos financeiros ou de trabalho – concebendo o patrimônio como recurso ao desenvolvimento e vice-versa – preservando o direito à memória e à diversidade cultural com uma abordagem interdisciplinar e interinstitucional. Estes conceitos são capazes de formalizar as intenções para promoção e gestão do patrimônio nas suas múltiplas facetas e a necessidade fundamental de preservar o equilíbrio entre desenvolvimento e conservação. Propõe-se então uma revisão com foco na sustentabilidade no ambiente construído, de documentos produzidos em eventos internacionais que trataram conceitos de conservação e preservação dos bens culturais. Nesse contexto, destacam-se a Declaração de Hangzhou (2013), que situa a cultura no centro das políticas de desenvolvimento sustentável, e a Declaração de Florença (2014) que trata da cultura, criatividade e desenvolvimento sustentável. Verifica-se então que a salvaguarda dos sítios urbanos de valor cultural e dos conhecimentos e práticas tradicionais associados é um dos caminhos possíveis para contribuir na redução do impacto ambiental das sociedades, promovendo modos de produção e de consumo racionais, além de esforços para soluções urbanísticas e arquitetônicas apropriadas ao desenvolvimento sustentável das cidades.
Palavras-chave: Patrimônio cultural, desenvolvimento sustentável, preservação

CULTURAL HERITAGE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ABSTRACT
Historical urban sites are experiencing a phase of depletion of conservation measures despite they receive investments for the preservation of their heritage. An integrated management strategy that consolidates their sustainable development is almost nonexistent. At the same time, it can be observed that the notion of cultural heritage is broader than that of a few decades ago. Presently identity is preserved in transformation, so preservation is in maintaining the social function of the heritage, adapting it to socio-cultural changes. Sustainability, within the scope of cultural heritage, can refer to actions that encourage conservation and preservation, through community articulation, specific legal basis or, alternatively, other forms of attraction of financial or labor investments - conceiving heritage as a resource for development and vice versa - preserving the right to memory and cultural diversity through an interdisciplinary and interinstitutional approach. These concepts are capable of formalizing intentions for the promotion and management of heritage in its multiple facets

and the fundamental need to preserve the balance between development and conservation. This paper proposes a review focusing on sustainability in the built environment, documents produced at international events that deal with concepts of conservation and preservation of cultural assets. In this context, the Hangzhou Declaration (2013) places culture at the center of sustainable development policies, and the Florence Declaration (2014) on culture, creativity and sustainable development. It is then verified that safeguarding urban sites of cultural value and associated traditional knowledge and practices is one of the possible ways to contribute to the reduction of the environmental impact of societies, promoting rational modes of production and consumption, as well as efforts for appropriated urban and architectural solutions to the sustainable development of the cities.
Keywords: cultural heritage, sustainable development, preservation.

1. INTRODUÇÃO

Constitui-se um grande desafio tratar da prática de integração entre desenvolvimento e conservação dos sítios urbanos de valor cultural. Apesar de a maior parte destes sítios receberem atualmente investimentos para a preservação do seu patrimônio, é quase inexistente uma estratégia de gestão que consolide, de fato, o seu desenvolvimento sustentável.

Além disso, observa-se que a noção de patrimônio cultural contemporânea é muito mais ampla do que aquela que se fazia há poucas décadas atrás, quando ela se estabelecia apenas sobre os pilares da história e da arte, época em que a excepcionalidade artística ainda tutelava o reconhecimento histórico. Ao mudar a cultura, transformam-se os valores e as atitudes quanto ao patrimônio. Assim, o que se preserva é a identidade em transformação, ou seja, a preservação não está na capacidade do bem de permanecer como está, mas na sua capacidade de mudar junto com as mudanças socioculturais (CARSALADE, 2011).

A concepção dos termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são, paralelamente, outros pontos de discussão. Ambos se encontram mais amplos e flexíveis no contexto atual. Em contrapartida, através de suas constantes transformações percebe-se o esvaziamento do termo, a depender das intenções com as quais vem citado.

A sustentabilidade, especialmente no âmbito do patrimônio, pode referir-se a ações que incentivam a conservação e preservação, através de articulação da comunidade, base legal específica ou, ainda, outras formas de atração de investimentos financeiros ou de trabalho, conforme Carsalade (2001) e, sobretudo, ela une as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades no futuro. Portanto, é imprescindível a integração das especificidades culturais na concepção e na prática do desenvolvimento, garantindo o envolvimento da comunidade local. Nesse sentido, a recuperação do ambiente não deve ser entendida como um estado, mas como um processo que só é possível através de um encontro entre as agendas ambiental e social. Logo, a preservação só alcança êxito se legitimada pela sociedade e apoiada em instrumentos de inclusão.

Sabe-se que, desde a segunda metade do século XX, diversos eventos internacionais têm como escopo a discussão da relação entre conservação natural, conservação e preservação dos bens culturais e o acelerado desenvolvimento dos grandes centros. Como consequência, diversos documentos foram elaborados, como cartas e declarações, dos quais grande parte dos países do mundo como nós o conhecemos são signatários. São exemplos os documentos elaborados na Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural em 1972 e o Congresso do Patrimônio Europeu realizado em 1975. Apesar destes eventos, os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) adotados até o início dos anos 2000, relativos à sustentabilidade ambiental, não fizeram referência específica ao patrimônio histórico e cultural e nem mesmo à cultura de modo geral.

Em 2002, foi adotada então a Declaração de Budapeste, que enfatizava a necessidade de assegurar um equilíbrio entre conservação, sustentabilidade e desenvolvimento, para que os bens considerados Patrimônio Mundial pudessem ser protegidos por meio de atividades apropriadas e que contribuíssem para o desenvolvimento social e econômico, além da melhoria da qualidade de vida das comunidades. Em 2007, admite-se o papel das comunidades dentro dos objetivos estratégicos do Comitê do Patrimônio Mundial, em Christchurch, Nova Zelândia.
Em 2011, o Comitê do Patrimônio Mundial fez uma série de adições às orientações referentes ao desenvolvimento sustentável, durante a Convenção de Paris. Estas alterações asseguram que qualquer utilização dos bens considerados Patrimônio Mundial seja sustentável no sentido de manter o seu valor universal excepcional e afirmar a ideia de que os sistemas de gestão dos bens devem integrar princípios de desenvolvimento sustentável.
O plano de ações estratégicas que implementa as resoluções da convenção no período de 2012-2022, adotado pela assembleia geral em Paris, em 2011, contempla também a preocupação com o desenvolvimento sustentável (Convenção..., 2011).
Estes documentos continuam sendo elaborados e estudados e se consolidam nos mais variados eventos realizados pelo mundo, capazes de formalizar as intenções para a preservação, proteção e gestão do patrimônio nas suas múltiplas facetas, e a necessidade fundamental de preservar o equilíbrio entre desenvolvimento e conservação.
Destacam-se atualmente a campanha mundial “O Futuro que Queremos Inclui a Cultura”, assinada pelas organizações governamentais e não-governamentais de cerca de 120 países em 2012; a Declaração de Hangzhou aprovada na China em 2013, que situa a cultura no centro das políticas de desenvolvimento sustentável; a resolução “Cultura e Desenvolvimento Sustentável”, da 68ª Sessão da 71ª Plenária da Organização das Nações Unidas, em 2013; e a Declaração de Florença, aprovada na Itália em 2014, que trata da Cultura, Criatividade e Desenvolvimento Sustentável. Além desses, destacam-se as Convenções sobre o Patrimônio Cultural e Patrimônio Urbano e a existência das agendas de desenvolvimento pós 2015.
Dadas estas questões de alcance global e o modo como a sociedade as tem enfrentado, justifica-se e compreende-se a necessidade desta pesquisa que tem como objetivo uma revisão dos últimos documentos de referência produzidos em eventos internacionais que trataram da cultura aliada ao desenvolvimento sustentável. Este estudo relaciona-se com a sustentabilidade no ambiente construído e defende a visão dos documentos apresentados de que o enfoque cultural, as ações de salvaguarda do patrimônio edificado e os conhecimentos e tradições tocantes a ele devem ser considerados um dos aspectos centrais das políticas para o desenvolvimento sustentável.

2. O PAPEL DA CULTURA NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Antes mesmo do surgimento do termo desenvolvimento sustentável, com a publicação do Relatório Brundtland em 1987, eventos relacionados à conservação ambiental e à preservação do patrimônio histórico cultural já discutiam os efeitos do desenvolvimento sobre os seus propósitos, relacionando as dimensões cultural e social à dimensão ambiental.
As características mais significativas da Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural de 1972 estão relacionadas à capacidade de unir em um único documento conceitos de conservação natural, desenvolvimento e preservação dos bens culturais, além de estabelecer um comitê responsável por delimitar, atualizar e difundir o documento chamado Lista do Patrimônio Mundial em Perigo, ou seja, uma lista dos bens ameaçados devido à degradação acelerada, rápido desenvolvimento urbano e/ou turístico, destruição devido à mudança de utilização ou de propriedade da terra, entre outras causas.

Pouco tempo depois, em 1975, foi elaborada a Declaração de Amsterdã durante o Congresso do Patrimônio Europeu. Este documento colocou a perspectiva global como essencial nas intervenções e práticas de conservação e antecipou a preocupação com a sustentabilidade, ao introduzir a ideia de conservação integrada como um novo urbanismo que procura

> reencontrar os espaços fechados, a escala humana, a interpenetração das funções e a diversidade sociocultural que caracterizam os tecidos urbanos antigos. (...) descobre-se também que a conservação das construções existentes contribui para a economia de recursos e para a luta contra o desperdício, uma das grandes preocupações da sociedade contemporânea. Ficou demonstrado que as construções antigas podem receber novos usos que correspondam às necessidades da vida contemporânea. (Declaração de Amsterdã, 1975).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi introduzido em 1987 no relatório da Comissão das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, e era entendido como um processo de progresso econômico harmonioso, capaz de satisfazer os princípios de justiça social e responsabilidade ambiental. Porém, somente cinco anos mais tarde foi admitida a relação substancial entre o espaço urbano e tal conceito.

Em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento no Rio de Janeiro ou Rio-92, se reconheceu a importância das cidades como área de aplicação efetiva do conceito de desenvolvimento sustentável. Logo, o espaço urbano começou a ser pensado como palco fundamental das transformações que iriam incluir além de componentes ambientais, aqueles políticos, econômicos, institucionais, sociais e culturais. As agendas globais e locais começaram a compreender, aos poucos, aspectos significativos para promover a sustentabilidade no ambiente construído.

É evidente que o paradigma da sustentabilidade tinha como foco o tema ambiental, vide as agendas dos eventos internacionais realizados nesse sentido. A Rio-92, por exemplo, teve como resultado a assinatura de cinco acordos ambientais: a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**;** a Agenda 21**;** os Princípios para a Administração Sustentável das Florestas**;** a Convenção da Biodiversidade**;** e a Convenção do Clima. Já a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, ou Rio+10, realizada em 2002, discutiu o desenvolvimento sustentável, mas principalmente questões relacionadas à conservação de recursos naturais.

Em complemento, nos últimos anos os órgãos internacionais e os estudiosos do tema começaram a entender que a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável alcançam muitas outras dimensões. A Conferência da ONU sobre o Desenvolvimento Sustentável ou Rio+20, realizada em 2012, apesar de consistir em sua maior parte em uma reafirmação da agenda do evento anterior, Rio+10, levantou a importância da diversidade cultural e a necessidade de uma abordagem mais holística e integrada do desenvolvimento sustentável.

Uma comprovação disso é a transformação da noção de cidades sustentáveis, que na atualidade podem ser entendidas como aquelas que vão ser capazes de inserir toda a sua população na vida social de maneira sensata e dinâmica, integrando a sociedade de maneira igualitária. Ferreira (2010) aponta que cada vez mais a preocupação em preservar está associada à consciência da importância da diversidade – seja a biodiversidade, seja a diversidade cultural – para a sobrevivência da humanidade.

Nesse sentido, destacam-se os documentos mais recentes elaborados em eventos internacionais: a Declaração de Hangzhou, elaborada durante o Congresso Internacional “A cultura: chave para o desenvolvimento sustentável”, que aconteceu em 2013 na China, com propósito de situar a cultura no centro das políticas de desenvolvimento sustentável; a resolução 68/223. “Cultura e

Desenvolvimento Sustentável", adotada na 68ª Sessão da 71ª Plenária da Organização das Nações Unidas, em dezembro de 2013, que retoma o tema debatido em eventos e sessões anteriores, convidando os estados membros, organizações intergovernamentais, órgãos do sistema das nações unidas e demais *stakeholders* a endossarem publicamente a importância da diversidade cultural e assegurar a visibilidade e integração efetiva da cultura nas políticas de desenvolvimento social, ambiental e econômico em todos os níveis de governo; e a Declaração de Florença, aprovada na Itália em 2014, no Terceiro Fórum Mundial da UNESCO sobre Cultura e Indústrias Culturais, que trata da Cultura, Criatividade e Desenvolvimento Sustentável.

Estes documentos sinalizam para a possibilidade e necessidade de apoiar-se na esfera cultural para promover a sustentabilidade ambiental nas zonas urbanas e rurais históricas e colocam a salvaguarda dos conhecimentos e práticas a elas associadas como potencial para a redução do impacto ambiental das sociedades, uma vez que retoma e promove modos de produção e de consumo ecologicamente menos impactantes, além de consistirem em soluções urbanísticas e arquitetônicas viáveis. Além disso, os textos dispõem a cultura como um recurso para realizar desenvolvimento e gestão sustentáveis das zonas urbanas.

A declaração de Hangzhou (2013) leva em conta o papel da cultura como um sistema de valores, como recurso e como fonte de criatividade e de renovação. Para isso, considera ações que situam a cultura no centro das políticas de desenvolvimento sustentável. Estas ações, por sua vez, pretendem integrar a cultura em todas as políticas e todos os programas de desenvolvimento; mobilizar a cultura e a compreensão mútua para favorecer a paz e a reconciliação; garantir a todos os direitos culturais para promover o desenvolvimento social inclusivo; utilizar a cultura para reduzir a pobreza e assegurar um desenvolvimento econômico inclusivo; apoiar-se na cultura para promover a sustentabilidade ambiental; fortalecer a resiliência às catástrofes e lutar contra a mudança climática pela cultura; valorizar, salvaguardar e transmitir a cultura para as futuras gerações; valer-se da cultura como recurso para realizar um desenvolvimento e uma gestão sustentáveis das zonas urbanas; e apoiar-se na cultura para favorecer modelos de cooperação inovadores e sustentáveis (Declaração de Hangzhou, 2013).

No que toca ao ambiente construído, a declaração faz menção à conservação dos ambientes urbanos e rurais de valor histórico e cultural, inclusive das paisagens naturais, e defende que a salvaguarda destes ambientes e sua cultura integrada é capaz de reduzir o impacto ambiental das sociedades a partir do momento que promove modos de produção e consumo menos impactantes. Os envolvidos na produção deste documento também relacionam a promoção da recuperação do patrimônio cultural e das atividades culturais com a renovação da identidade de um povo. Nesta perspectiva, a melhoria da qualidade dos ambientes históricos pode ser responsável por incentivar práticas sustentáveis com as quais as comunidades já possuem identificação, ou até mesmo inserir novas práticas coerentes com o contexto. Da mesma forma, museus e outras instalações culturais podem cumprir o papel de espaços de diálogo e de inclusão social se introduzidos coerentemente nas realidades que os recebem.

Por fim, ao tratar especificamente de intervenções em zonas urbanas, e em particular dos espaços públicos, a declaração faz menção especial à preservação do tecido social, compreendido como os aspectos relacionados aos indivíduos e à coletividade, ligados por uma ou mais relações sociais profundas, compreendidas pela análise do poder, confirmando a concepção da cultura no centro de todas as práticas, à qual se alicerça.

A Resolução 68/223 retoma e associa documentos e discussões sobre o desenvolvimento sustentável integrado à cultura, como a Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável conhecida como "O futuro que queremos" em 2012, a Declaração de Hangzhou e o Fórum Mundial da Cultura de Bali, em 2013, dentre outros, trazendo princípios e recomendações

para os Estados-membro na inserção da cultura no planejamento e gestão dos programas ligados ao desenvolvimento sustentável.

Como recomendações, a resolução apresenta a importância da preservação e visibilidade da diversidade cultural; de capacitar e desenvolver a dinâmica cultural no setor criativo, encorajando particularmente a inovação e o empreendedorismo, dando suporte ao desenvolvimento de instituições e indústria cultural, fornecendo treinamento profissional e ampliando a empregabilidade no setor; de apoiar os mercados locais e facilitar o escoamento legal de produtos e serviços para mercados externos; de preservar os saberes tradicionais e relações sociais de comunidades nativas, além dos seus conhecimentos no manejo ambiental, encorajando a sinergia entre ciência e tecnologia modernas e os saberes tradicionais; da criação de marcos legais e políticas públicas com intenção de proteger e preservar o patrimônio cultural; da disponibilização de meios internacionais de financiamento para assistir países em desenvolvimento na aplicação destas políticas; do entendimento da cultura como um veículo na promoção da tolerância, entendimento mútuo, pacificação e reconciliação no contexto da prevenção e resolução de conflitos (ONU, 2013). Por fim, para alcançar os objetivos propostos, convida os Estados-membro, organismos multilaterais e organizações do Sistema das Nações Unidas a aumentar a cooperação internacional no suporte aos esforços de desenvolvimento, fortalecimento e consolidação das indústrias e do turismo cultural, auxiliando no desenvolvimento da infraestrutura e habilidades necessárias, bem como do compartilhamento de tecnologias de informação e comunicação.

A declaração de Florença (2014) consiste em uma reunião das principais indicações contidas nos documentos anteriores de maneira concisa e coesa. Ela reforça a integração plena da cultura nas políticas e estratégias de desenvolvimento sustentável nos níveis internacional, regional, nacional e local e sugere que se baseiem em instrumentos normativos internacionais de direitos humanos, liberdade de expressão, diversidade cultural, igualdade de gênero e sustentabilidade ambiental. Ela se divide em oito princípios fundamentais e compreende, ainda que de maneira geral, todas as recomendações dos eventos e documentos anteriores. O único parágrafo da Declaração de Florença (2014) que vai efetivamente tratar da questão do ambiente construído é o que diz que

> as áreas urbanas e rurais são laboratórios do desenvolvimento sustentável. Para se obterem cidades mais seguras, inteligentes e produtivas, é necessário colocar a criatividade e o bem-estar no cerne da planificação e da renovação urbana e rural sustentável, respeitando os princípios de proteção do patrimônio. Para responder aos desafios do desenvolvimento urbano e rural, bem como do turismo sustentável, as políticas devem atender aos contextos culturais e respeitar a diversidade. Além disso, a proteção do patrimônio cultural imaterial (como, por exemplo, a promoção de técnicas agrícolas tradicionais respeitadoras do ambiente) resulta em processos de produção agrícola mais sustentáveis e com maior qualidade, essenciais para enfrentar o crescimento populacional e atenuando simultaneamente os possíveis impactos ambientais.

O quadro 01, apresentado a seguir, traz uma compilação dos documentos mais atualizados utilizados, elaborados após 2012 e dos documentos anteriores a este período que serviram de base para a construção do conhecimento na área, bem como suas intenções principais dentro do tema cultura e desenvolvimento sustentável:

Quadro 1. *Timeline* das declarações/ações apresentadas

Data	Evento/Documento	Conceitos/ações indicadas
1972	Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural	Elabora os conceitos de conservação natural, desenvolvimento e preservação dos bens culturais.
1975	Congresso do Patrimônio Europeu - Declaração de Amsterdã	Insere a perspectiva global como essencial nas intervenções e práticas de conservação, conservação integrada.
1987	Comissão da ONU para o Meio Ambiente e Desenvolvimento – Relatório Brundtland	Define e apresenta o conceito de desenvolvimento sustentável.
1992	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – Rio-92	Afirma a importância das cidades como área de aplicação efetiva do conceito de desenvolvimento sustentável.
2002	Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável – Rio+10	Desenvolvimento sustentável, priorizando questões relacionadas à conservação de recursos naturais.
2002	Declaração de Budapeste sobre o Patrimônio Mundial	Promover a adoção de medidas eficazes para garantir o desenvolvimento das capacidades e promover a compreensão e aplicação da Convenção do Patrimônio Mundial e instrumentos associados
2007	31ª Reunião do Comitê do Patrimônio Mundial - Christchurch	Reconhece o papel das comunidades dentro dos objetivos estratégicos do Comitê do Patrimônio Mundial.
2011	35ª Reunião do Comitê do Patrimônio Mundial -Convenção de Paris	Assegura que qualquer utilização dos bens considerados Patrimônio Mundial deve manter o seu valor universal excepcional e afirma a ideia de que os sistemas de gestão dos bens devem integrar princípios de desenvolvimento sustentável.
2012	O Futuro que Queremos Inclui a Cultura	Aponta a necessidade de conservação do patrimônio natural e cultural dos assentamentos humanos, a revitalização dos distritos históricos e a reabilitação dos centros das cidades.
2012	Conferência da ONU sobre o Desenvolvimento Sustentável – Rio+20	Reconhece a importância da diversidade cultural e a necessidade de uma abordagem mais holística e integrada.
2013	Declaração de Hangzhou	Situa a cultura no centro das políticas de desenvolvimento sustentável.
2013	Resolução ONU 68/223. “Cultura e Desenvolvimento Sustentável”	Endossa publicamente a importância da diversidade cultural e assegurar a visibilidade e integração efetiva da cultura nas políticas de desenvolvimento social, ambiental e econômico em todos os níveis de governo.
2014	Terceiro Fórum Mundial da UNESCO sobre Cultura e Indústrias Culturais - Declaração de Florença	Trata da relação entre Cultura, Criatividade e Desenvolvimento Sustentável.
2016	UNESCO - O papel da cultura no desenvolvimento sustentável	Insere a cultura no centro das políticas de desenvolvimento como um investimento essencial no futuro do mundo e uma condição prévia para processos bem-sucedidos de globalização que levem em conta os princípios da diversidade cultural.

Apresentados os documentos, é possível perceber tópicos recorrentes que se justificam pela constante revisão e atualização do tema realizadas nos eventos direcionados. Embora prolífica a discussão teórica e a delimitação de estratégias de ação para alcançar os objetivos propostos, a

constante recorrência dos princípios nos mais diversos encontros pode, talvez, indicar a estagnação de práticas efetivas perante a teoria proposta.

3. PATRIMÔNIO CULTURAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Uma vez entendido que a cultura deve estar situada no centro das reflexões que visam a sustentabilidade, e que irrevogavelmente ela tem o seu papel ao lado dos parâmetros políticos, econômicos, sociais e ambientais, prossegue-se no sentido de propor ações e intervenções que unam patrimônio cultural e desenvolvimento sustentável.

Segundo as conclusões trazidas nos últimos documentos, o turismo sustentável, a indústria criativa e as intervenções de reabilitação ou revitalização urbana são as principais estratégias para a manutenção de cidades sustentáveis. Estas ações além de gerarem empregos verdes, incentivam a criatividade, concebendo o patrimônio como recurso ao desenvolvimento e vice-versa; preservando o direito à memória e à diversidade cultural dentro de uma abordagem interdisciplinar e interinstitucional.

O incentivo à salvaguarda do patrimônio construído é essencial dentro destas estratégias, uma vez que promove a utilização mais sustentável da diversidade cultural, bem como a salvaguarda dos conhecimentos e das competências tradicionais relacionadas, com especial atenção aos dos povos tradicionais em sinergia com os conhecimentos científicos.

Assim, enfatiza-se que a manutenção, preservação e/ou conservação dos ambientes construídos de valor histórico e cultural não é mais importante, ou senão é tão importante quanto a salvaguarda dos meios de construção utilizados nesses mesmos ambientes, pois são estes últimos que vão permitir a sua permanência no tempo de maneira sustentável.

Logo, um ambiente construído que permite o desenvolvimento sustentável, de fato, não será aquele adaptado ao estereótipo da sustentabilidade, mas aquele que é sustentável em si mesmo, em sua essência construtiva, social e cultural. Compreendendo isto, as administrações locais devem preservar e melhorar esses ambientes em harmonia com seu contexto, fomentando a relação ética, solidária e inclusiva entre desenvolvimento e patrimônio.

Ao usufruir das alternativas indicadas, percebe-se que é possível a manutenção das cidades e seu desenvolvimento sustentável aliados à preservação do patrimônio. Observa-se ainda que o equilíbrio entre uns e outro não é somente responsabilidade dos profissionais técnicos das áreas de arquitetura e urbanismo, engenharias e construção civil, mas da sociedade como um todo, que compreende os motivos de apreciação e valoração de um determinado espaço como patrimônio e que, afinal, vai se sujeitar às consequências de quaisquer intervenções que venham a ser realizadas nesses espaços.

Nesse seguimento, apresentam-se alguns dados: a atual lista de patrimônios de valor universal da UNESCO inclui 1052 sítios entre patrimônio cultural e natural, 814 bens culturais, 203 naturais e 35 mistos, presentes em 165 países do mundo, dos quais 55 estão em risco (UNESCO, 2016). Nota-se que os sítios históricos urbanos de maior porte inscritos nesta lista vivenciam uma fase de esgotamento das suas medidas de conservação, que na maioria das vezes são concentradas na reabilitação de edifícios isolados. Notadamente, há a necessidade de adoção de uma metodologia de gestão capaz de gerenciar a conservação aliando-a ao desenvolvimento, evitando intervenções marginalizadas e descontextualizadas.

No que tange às indústrias criativas, tem-se que um especial apoio deve ser dado aos programas culturais que encorajam a criatividade e a expressão artística" (Declaração de Hangzhou, 2013). A arquitetura, por definição, se enquadra nesta referência e, portanto, é mais uma das oportunidades de promover a sustentabilidade de forma criativa e cultural e, conforme já antecipado na declaração

de Amsterdã (1975), “uma vez que a arquitetura de hoje é o patrimônio de amanhã, tudo deve ser feito para assegurar uma arquitetura contemporânea de qualidade. ” Um desafio, porém, é que

> o potencial criativo é equitativamente distribuído no mundo, mas não pode ser plenamente expresso por todos. Do mesmo modo, nem todos têm acesso à vida cultural, à expressão da criatividade, e à possibilidade de usufruir de uma diversidade de bens e serviços culturais, incluindo os seus próprios (Declaração de Florença, 2014).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto, percebe-se que até o início dos anos 2000 o desenvolvimento sustentável era tratado com enfoque predominantemente ambiental, e o pensamento da inserção da cultura como um dos elementos que devem constituir a elaboração das políticas que assegurem o desenvolvimento sustentável das comunidades é relativamente recente. A inserção da preservação cultural e de identidade das comunidades traz um avanço importante e delimita o fortalecimento do pilar social no conceito de desenvolvimento sustentável proposto pelo Relatório Brundtland e amplamente discutido até nossos dias.

Conforme acordado na declaração de Amsterdã (1975), a conservação do patrimônio arquitetônico não deve ser tarefa apenas dos especialistas. Ela considera que “o apoio da opinião pública é essencial. A população deve, baseada em informações objetivas e completas, participar desde a elaboração dos inventários até a tomada das decisões”. A proposta de participação das comunidades na preservação aproxima o indivíduo da sua história comum e possibilita a redução do valor tecnocrático relegado à preservação do patrimônio cultural.

No entanto, vale a pena enfatizar que os documentos tratados não consistem em regulamentos ou normas. As cartas ou declarações apresentam caráter generalista, apenas pautam objetivos gerais e estes últimos nem sempre são alcançados, sendo complexo o controle das intenções que foram atingidas ou não. Ademais, estes documentos, quase sempre considerados nas teorias das estratégias de gestão, são muito pouco colocados em prática.

Ao mesmo tempo em que esta visão aponta para os diversos desafios da gestão e apropriação sustentável do patrimônio cultural, também revela oportunidades. Percebe-se, por exemplo, que a preservação dos conhecimentos e competências tradicionais, associada ao conhecimento científico e tecnológico, é capaz de reduzir os custos, o desperdício de matéria prima e ainda engloba princípios de justiça social. É preciso compreender que técnicas tradicionais podem ser eficazes em determinadas situações e que sua simplicidade é o que vai permitir que se considere, efetivamente, o fator cultural nas intervenções.

Embora este trabalho não tenha por foco questões como o turismo cultural e a apropriação dessas manifestações culturais como ativo econômico e social, ações nesse sentido são possíveis e devem ser realizadas a partir de estudos e aplicações criteriosas, que preservem as características genuínas do bem, para que este não se transforme em um cenário ou representação desligada da realidade e de sua própria história. É ainda mais importante, nestas situações, que a população seja envolvida no processo e possa desfrutar dos benefícios dessa integração, sob pena de a apropriação cultural tornar-se, no fim, um instrumento de higienização e segregação se ignorada a dimensão social.

Finalmente, ao conceber a relação da sustentabilidade e da cultura em tempos de transformação, é importante perceber que transformar as atividades humanas em modelos sustentáveis é necessário e urgente, porém reconhecer as competências e conhecimentos tradicionais das comunidades na produção do espaço construído – que sempre foram sustentáveis – utilizando-os, mantendo-os e preservando-os é fundamental.

AGRADECIMENTOS
Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora, à CAPES/CNPQ e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARSALADE, Flávio de Lemos. A preservação do patrimônio como construção cultural. Arquitextos, São Paulo, ano 12, n. 139.03, Vitruvius, dez. 2011.

_____. Patrimônio Histórico. Sustentabilidade e Sustentação. Arquitextos, São Paulo, ano 02, n. 885.13, Vitruvius, jun. 2001.

FERREIRA, Silvio Pinto. Desenvolvimento Sustentável: Cultura e cidadania. Horizonte, Belo Horizonte, v. 8, n. 17, p.178-186, abr./jun. 2010

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Resolução 66/228 The future we want. 66ª Sessão Geral, 2012. Disponível em: <http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&Lang=E> Acesso em 30 set 2016.

_____. Resolução 68/223 Culture and sustainable development. 68ª Sessão Geral. Disponível em <http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/68/223> Acesso em 30 set 2016.

UNESCO. Convenção para a proteção do patrimônio Mundial, Cultural e Natural, 1972. Disponível em: <http://whc.unesco.org/archive/convention-pt.pdf> Acesso em: 12 dez. 2016.

_____. Declaração de Florença. 2014. Disponível em: <https://www.unescoportugal.mne.pt/images/DivEx/Declara%C3%A7%C3%A3o_de_Floren%C3%A7a_2014.pdf> Acesso em 30 set 2016.

_____. Declaração de Amsterdã. 1975. Disponível em: <https://www.unescoportugal.mne.pt/images/ DivEx/Declara%C3%A7%C3%A3o_de_Floren%C3%A7a_2014.pdf> Acesso em 30 set 2016.

_____. Declaração de Hangzou. 2013. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/culture/ themes/culture-and-development/hangzhou-congress/> Acesso em 30 set. 2016.

_____. Declaração de Budapeste. 2002. Disponível em: <http://www.patrimoniocultural.pt/ media/uploads/cc/ declaracaoBudapestesobrepatrimoniomundial2002.pdf> Acesso em: 15 dez. 2016.

_____. O papel da cultura no desenvolvimento sustentável. 2016. Disponível em: <http://www.unesco.org/ new/pt/brasilia/culture/culture-and-development/culture-in-sustainable-development/> Acesso em: 19 set. 2016.

_____. Recomendações sobre a Paisagem Histórica Urbana. 2011. Disponível em: <http://www.sintraovpm2011.com/ocs/public/conferences/1/docs/UNESCO_RECOMENDA.pdf?PHPSESSID=25f455cc3e79b22f3de89e90062ee414>. Acesso em 30 set 2014.

_____. Strategic Action Plan for the Implementation of the World Heritage Convention 2012-2022. Disponível em: <http://whc.unesco.org/archive/2011/whc11-18ga-11-en.pdf> Acesso em: 15 dez. 2016.

_____. World Heritage List. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/list/> Acesso em 30 set 2016.

110. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O EDIFÍCIO ESCOLAR NA REDE MUNICIPAL DE ENSINO DE PORTO ALEGRE
O CASO DAS ESCOLAS RINCÃO E OSMAR SANTOS FREITAS

SOARES, Fabiano Silva[1] *, *EDELWEISS, Roberta Krahe*[2]
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
[2] Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil / Universidad de la Costa (CUC), Colômbia

RESUMO
A Educação Ambiental (EA) surge com o objetivo principal de combater a crise do meio ambiente que ameaça a existência de todos os habitantes da terra. A partir da urgência da inserção da EA em programas educacionais, presencia-se, em escala global, a criação de leis e decretos com o objetivo de viabilizar ações que informem e eduquem a sociedade em geral. No Brasil, a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) serve como mediadora dessas ações. O artigo parte do pressuposto de que arquitetura escolar, por sua vez, deve proporcionar o suporte necessário à educação e, em concordância com a EA, a escola deve estar comprometida com as questões ambientais. O objetivo do artigo é, a partir de relatos de usuários do edifício escolar, investigar a aplicação da EA em duas escolas municipais de Porto Alegre e a relação com os espaços educadores sustentáveis construídos nestes locais. O método utilizado foi a revisão bibliográfica e o estudo de caso com a aplicação de questionários a professores e alunos. Como resultado, foi possível verificar que a aplicação da EA encontra suporte nos espaços educadores sustentáveis e confirma que a relação entre a arquitetura sustentável e a EA podem contribuir para a disseminação dos preceitos ambientais.
Palavras-chave: Educação ambiental, escola sustentável, Porto Alegre.

ENVIRONMENTAL EDUCATION AND SCHOOL BUILDING IN NETWORK PORTO ALEGRE TEACHING MUNICIPAL
THE CASE OF SCHOOLS RINCÃO AND OSMAR DOS SANTOS FREITAS

ABSTRACT
Environmental Education (EA) emerges with the main objective of fighting the environmental crisis that threatens the existence of all the inhabitants of the earth. From the urgency of the insertion of the EA into educational programs, the creation of laws and decrees is present on a global scale with the objective of enabling actions that inform and educate society in general. In Brazil, the National Environmental Education Policy (PNEA) serves as a mediator of these actions. The article assumes that school architecture, in turn, must provide the necessary support for education and, in agreement with EA, the school must be committed to environmental issues. The purpose of the article is, based on reports from users of the school building, to investigate the application of EA in two municipal schools in Porto Alegre and the relationship with the sustainable educational spaces built in these places. The method used was the bibliographic review and the case study with the application of questionnaires to teachers and students. As a result, it was possible to verify that the application of EA finds support in the sustainable educational spaces and confirm that the relation between the sustainable architecture and the EA can contribute to the dissemination of environmental precepts.
Keywords: Environmental education, sustainable school, Porto Alegre.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Histórico da educação ambiental no mundo e no Brasil

A Educação Ambiental (EA) nasce da necessidade do homem em combater a crise do meio ambiente que ameaça a existência de todo ecossistema. Sendo assim, muitos conceitos sobre ecologia e educação ambiental foram sendo propagados ao longo dos anos. De acordo com Dias (2004), a evolução dos conceitos de EA esteve diretamente relacionada à evolução do conceito de meio ambiente e ao modo como este era percebido.

Para um breve relato da história da evolução da EA e as principais ocorrências que contribuíram para a formação do conceito de educação ambiental, remonta-se ao ano de 1977, na cidade de Tbilisi, onde se realizou a I conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, organizada pela UNESCO em colaboração com o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). Com esse norte, a Recomendação nº 1, letra b, da referida Conferência Intergovernamental, define que:

> *A educação ambiental é o resultado de uma reorientação e articulação de diversas disciplinas e experiências educativas que facilitam a percepção integrada do meio ambiente, tornando possível uma ação mais racional e capaz de resolver as necessidades sociais. (TBILISI, 1977)*

Essa conferência constitui-se no mais importante marco na evolução da EA, podendo suas recomendações serem resumidas da seguinte maneira: A Educação Ambiental deve desempenhar uma função capital no sentido de criar a consciência dos problemas que afetam o meio ambiente, também deve ser dirigida às pessoas de todas as idades e de todos os níveis de ensino, deve constituir uma educação permanente; deve ter um enfoque global sustentado em base interdisciplinar e finalizando, pode contribuir para renovar o processo educativo.

Em complemento, no ano de 1989, Meadows (apud Dias, 2004 p. 98-99) apresentou algumas definições acerca da educação ambiental, com destaque para a aprendizagem de como gerenciar e melhorar as relações entre a sociedade humana e o meio ambiente, de modo integrado e sustentado, preparando as pessoas para a vida, enquanto membros da biosfera.

Quatro anos depois, o Brasil, contrariando a ordem mundial, fez circular no Congresso Nacional o Projeto de Lei 253/91, que previa a criação da disciplina Educação Ambiental, ignorando, como se desconhecesse, as recomendações de Tbilisi.

Em seguida, em 1992, fruto da Rio 92 e do Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, que ocorreram paralelamente, acrescentou-se à definição de educação ambiental o caráter interdisciplinar, permanente e holístico do processo de aprendizagem. Assim sendo, a partir de então, recomenda-se que o meio ambiente seja trabalhado de forma articulada em todas as disciplinas escolares, e não em uma única matéria. O processo deve ser contínuo e possibilitar a criação das bases para uma compreensão global da realidade, sem esquecer as peculiaridades nacional, regional e local (DIAS, 2004).

Onze anos depois, Dias (2004), compilando alguns dos conceitos até então trabalhados, resume a educação ambiental *como "um processo por meio do qual as pessoas aprendem como funciona o ambiente, como dependemos dele, como o afetamos e como promovemos a sua sustentabilidade"*.

Como se pôde observar, o conceito da EA evoluiu conforme a época em que foi apresentado, adaptando-se à evolução dos conceitos sobre o meio ambiente, buscando, dessa forma, promover o desenvolvimento sustentável de forma mais ampla. Estas discussões e conceitos acabaram por criar subsídios para a formulação da Política Nacional de Educação Ambiental.

1.2 A Política Nacional de Educação Ambiental- PNEA

A Lei 9.795 foi criada em 27 de abril de 1999 e faz parte da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA). No seu primeiro parágrafo, a EA é definida da seguinte maneira:

> *Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. (PNEA, 1999)*

Essa lei é composta de 21 artigos e conceitua a educação ambiental como sendo interdisciplinar, formada por processos de cunho ambiental, social, cultural, econômico, dentre outros, aumentando a abrangência do conceito e mobilizando todas as pessoas em busca da educação ambiental e o desenvolvimento sustentável. A ampliação do processo educacional para além do ambiente escolar é salientada no PNEA:

> *Art. 2o A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal. (PNEA, 1999)*

Também reforçado pelo art. 3º nos seguintes termos, a Lei Federal 9.975(1999) decreta*: "Como parte do processo educativo mais amplo, todos têm direito à educação ambiental [...]".* Estão incumbidos aqui o Poder Público (conforme os termos dos arts. 205 e 225 da Constituição Federal), as Instituições educativas, os órgãos integrantes do SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente), os meios de comunicação em massa, as empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas e a sociedade em geral. O art. 4º da lei federal da Política Nacional de Educação Ambiental traz como definições de princípios básicos: o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo; a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade; o pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade; a vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais; garantia de continuidade e permanência do processo educativo; a permanente avaliação crítica do processo educativo; a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais; o reconhecimento e o respeito à pluralidade e à diversidade individual e cultural (PNEA, 1999).
Entendendo o caráter amplo da EA em diversos seguimentos da sociedade e a PNEA como instrumento propulsor de sua aplicação, a escola se apresenta como uma das possibilidades de implementação dos conceitos sustentáveis, portanto, a rede de educação municipal de Porto Alegre adquire importante papel nesta questão.

1.3 A rede municipal de ensino de Porto Alegre- RME

O PNEA salienta que a EA deve ser promovida de forma interdisciplinar, coletiva e pelo poder público. Por este motivo, a Secretaria Municipal de Educação do município de Porto Alegre com suas 99 escolas implantadas em diversas regiões das cidades tem um alcance abrangente na coletividade da cidade e na promoção da EA. Portanto, a arquitetura das escolas e sua capacidade de dar o suporte necessário à educação sustentável adquire caráter importante nesta prática ambiental. De acordo com o site da Secretaria Municipal de Educação, a RME do município de Porto Alegre oferta para a população a Educação infantil, Ensino fundamental e médio, Educação profissional de nível técnico e Educação de Jovens e adultos. Possui aproximadamente 4 mil professores e 900 funcionários que atendem mais de 50 mil alunos.

Esta estrutura está distribuída em diversas regiões da cidade, em sua maioria em áreas de vulnerabilidade social. Para demonstrar o território abrangido pela RME, a Figura 1 ilustra a posição de cada escola e demonstra o potencial de alcance da educação no município com a disseminação dos conceitos da EA.

Figura 8. Mapa com a localização das escolas que compõe a RME no município de Porto Alegre, cada círculo no mapa representa uma edificação escolar



Fonte: Secretaria Municipal de Educação de Porto Alegre

Neste contexto, a escola se destaca na disseminação dos conceitos ambientais e da visão integrada de mundo, com a criação de espaços escolares que estejam alinhados com as questões ambientais, auxiliando desta maneira na aplicação transversal da EA .

1.4 Arquitetura escolar como promotora da educação ambiental

De acordo com Fumagalli (2016), o próprio espaço da escola é educador, uma vez que este afeta de forma profunda as ações e comportamentos, não só das crianças, mas dos projetistas, educadores e funcionários, por se tratar de um contexto de atividades inter-relacionado.
Portanto, a criação de espaços que proporcionem atividades ligadas a EA e contribuam para o aprendizado nas escolas são representados pelos Espaços Educadores Sustentáveis.

1.4.1 Espaços educadores sustentáveis

A Educação ambiental, para Trajber e Sato (2010), cumpre papel importante quando se consideram processos de transformação socioambientais capazes de ressignificar tempos e espaços escolares. Ela favorece a participação de múltiplos atores no processo educativo e aponta outros percursos possíveis a serem trilhados pela escola e comunidade, com a adoção de princípios e práticas sociais sustentáveis. Nesse sentido, Escolas Sustentáveis podem se tornar referências para suas comunidades, promovendo uma gestão mais democrática, participativa e de reorganização do currículo.

Para Gallo e Ruffino (2009), espaços educadores são aqueles capazes de demonstrar alternativas viáveis para a sustentabilidade, estimulando as pessoas a desejarem realizar ações conjuntas em prol da coletividade e reconhecerem a necessidade de se educarem nesse sentido.

De acordo com Trajber e Sato (2010), o Plano Nacional sobre Mudança do Clima prevê a implementação de programas de espaços educadores sustentáveis via readequação de prédios e de gestão, bem como investimento na formação de professores e inserção dessa temática nos currículos escolares.

Sendo assim, a criação dos espaços escolares sustentáveis e a relação com a EA são, segundo Kowaltowski (2011):

> *"[...] imprescindível que os conceitos sobre conservação de recursos naturais, gastos energéticos e conforto no ambiente sejam corretamente ensinados aos estudantes. Além do contato em sala de aula com o professor e da leitura sobre o assunto, é fundamental que o ambiente seja rico em informações. Para criar um edifício escolar de alto desempenho, não basta explorar estratégias bioclimáticas e de conservação natural; são necessários ajustes no papel dos educadores, da comunidade e dos alunos nesse processo."*

A Secretaria Municipal de Educação (SMED) é o órgão centralizado da prefeitura e tem por objetivo principal elaborar, implantar e coordenar a política de educação adotada pelo município. Neste cenário, a SMED auxiliou a comunidade escolar na construção de dois anexos com características de Espaços Educadores Sustentáveis, sendo uma na Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF) Rincão e outra na Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI) Osmar dos Santos Freitas, com o propósito de impulsionar as práticas da EA nas escolas.

Desta forma, para delimitar o artigo a análise realizada está pautada nas obras dos espaços educadores sustentáveis executados e os conceitos ambientais aplicados às edificações, restringindo-se às estratégias utilizadas nos prédios e o envolvimento dos alunos e professores. Com isso, se pretende responder a seguinte problematização: A EA quando aplicada encontra na arquitetura dos espaços educadores sustentáveis o suporte necessário?

2. OBJETIVO

O presente artigo tem por objetivo investigar a aplicação da EA em duas escolas municipais e relacionar com os espaços educadores sustentáveis presentes nas respectivas escolas, avaliando a percepção dos alunos e professores quanto a arquitetura empregada e o suporte dado pelo prédio à aprendizagem.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa se caracterizou como sendo exploratória, utilizando como métodos a Pesquisa Bibliográfica; na busca de referencial teórico para as questões relativas a educação ambiental, as leis que a regem e a definição teórica dos espaços educadores sustentáveis; e o Estudo de Caso; com o intuito de descrever a situação do contexto que está sendo investigado em ambas as escolas.

3.1 Objeto de Estudo

3.1.1 Escola Municipal de Ensino Fundamental Rincão

A EMEF Rincão está localizada na zona sul de Porto Alegre, na rua Luis Otávio, 391 no Bairro Belém Velho. No ano de 2011 realizou através do programa LIAU (Laboratório de Inteligência do Ambiente Urbano) um quiosque com características de Bio Arquitetura, com estratégias passivas de construção, tanto no partido arquitetônico quanto no emprego dos materiais construtivos. A Figura 2 apresenta o quiosque com as suas características ambientais de construção, onde podemos citar as paredes de pau a pique, o mosaico com reaproveitamento de azulejos, o reaproveitamento das águas cinzas na horta e o reaproveitamento das águas pluviais para lavagem de piso, se configurando desta forma como um espaço educador sustentável.

Figura 2: Quiosque do LIAU da EMEF Rincão



(a) (b)

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (SMED)

3.1.2 Escola Municipal de Educação Infantil Osmar dos Santos Freitas

A EMEI Osmar Santos Freitas está localizada na rua Dona Otília, 497, no bairro Santa Tereza. No ano de 2013, foi construída uma sala para educação infantil, tendo como estratégias a ventilação cruzada e o uso de cobertura vegetal para a inércia térmica, conforme ilustra a Figura 3. O projeto foi realizado pelo setor de obras da Secretaria Municipal de Educação.

Figura 3. Ampliação destinada a sala de educação infantil da EMEI Osmar dos Santos Freitas



(a) (b)

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (SMED)

Este trabalho foi realizado em duas escolas da rede municipal de Educação, sendo uma de ensino fundamental, a EMEF Rincão e a outra voltada para a educação infantil, a EMEI Osmar dos Santos Freitas. Ambas possuem iniciativas voltadas para a EA, tendo na edificação um suporte para disseminação dos conceitos ambientais. Para a análise destas questões foram empregados questionários e entrevistas aos usuários dos edifícios conforme os modelos descritos na Tabela 1.
Para a realização das entrevistas, foram elaborados dois questionários e uma atividade, sendo um questionário direcionado aos diretores e professores e outro para as crianças. Para a EMEF Rincão, foi realizada uma entrevista com o diretor da escola e explicado o objetivo geral das perguntas, que buscou constatar o conhecimento dos professores acerca das políticas de EA, sua aplicabilidade e a percepção dos alunos na relação Educação Ambiental e Arquitetura. A escola realizou uma programação especial para esta atividade, onde foram aplicados os questionários aos alunos da turma do LIAU.
As questões elencadas estão descritas conforme a Tabela 1, onde o questionário (a) é destinado aos professores e o (b) aos alunos do Ensino Fundamental:

Tabela 1: Questionários aplicados aos professores (a) e alunos do ensino fundamental (b).

a)	b)
1. Qual a experiência da escola com a EA? As práticas realizadas estão ligadas a questões pedagógicas apenas? A arquitetura é integrante desta experiência? 2. Existe algum incentivo por parte da SMED para que as escolas adotem essas atividades? Qual o suporte dado? 3. A escola tem conhecimento da lei 9795 /99 que rege a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA)? 4. Nas atividades realizadas pela escola no que diz respeito a EA, a participação dos alunos, professores e comunidade é satisfatória? Como poderiam ser ampliadas? 5. Os professores da escola estão preparados para trabalhar a EA de forma interdisciplinar? 6.Na sua visão, o que é um prédio sustentável? 7. Se uma edificação escolar possuir sobre o seu telhado uma cobertura vegetal; o que propicia maior conforto térmico no ambiente interno; como a escola trabalharia esta questão com os alunos e comunidade? 8. O aproveitamento das águas pluviais é uma estratégia bastante útil no que diz respeito a economia de água, principalmente se a usarmos para limpeza de piso e rega de jardim, como os professores poderão trabalhar com os alunos a consciência ecológica deste ato? 9. Em linhas gerais, como um edifício escolar sustentável pode auxiliar no ensino da EA em todo o currículo?	1. Na sua opinião, o que é educação ambiental? 2. Sabes definir o que é sustentabilidade? 3. Quais atividades que aprende na escola e que poderia fazer em casa? 4. O que a escola poderia fazer para se tornar mais sustentável? 5. Você sabe o que é um prédio sustentável? O que ele deveria possuir? 6. Você já percebeu que a sua escola possui uma edificação sustentável? O que aprendeu com o prédio? Quais a lições que podes levar para sua vida?

Fonte: autor

Quanto aos professores da EMEI, as perguntas foram as mesmas aplicadas aos da EMEF, para os alunos da escola infantil, foi elaborada uma única pergunta e organizada uma atividade com as crianças das duas turmas de jardim A (crianças de 4 e 5 anos). A pergunta a ser respondida foi formulada desta forma: *Vamos desenhar a nossa escola?*
Para obter as respostas, a atividade na EMEI Osmar dos Santos Freitas foi dividida em dois blocos, no bloco 2, a turma composta por 13 crianças circulou pela escola para um contato visual com os elementos arquitetônicos, de convívio, recreação e paisagísticos que integram os espaços físicos antes de executar a tarefa e no bloco 1, a turma com 15 crianças realizou a atividade sem esta dinâmica. A interpretação destes dados foi realizada com a coleta dos desenhos e entrevista individual, onde cada aluno explicou o seu trabalho e o significado de seus desenhos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.1 Professores:

Para melhor estruturar a análise, destacamos os três itens que formam o objetivo das 9 perguntas realizadas, são eles: O conhecimento teórico acerca da EA, a aplicabilidade da Educação Ambiental e a percepção dos espaços educadores sustentáveis. Foram destacadas três professoras da educação infantil para responder o questionário, a diretora da escola e duas educadoras. Quantos aos professores do Ensino fundamental, as perguntas foram encaminhadas para cinco deles, sendo o diretor e quatro professores que exercem as atividades em sala de aula.

a) Conhecimento Teórico acerca da EA:

Para a educação infantil, as três professoras afirmam ter conhecimento sobre a Educação ambiental e sua importância para o cotidiano. Mas apenas uma das educadoras, ou seja, 33% da amostragem afirma conhecer a Lei 9.975/99.

Os professores do ensino fundamental são unânimes ao afirmarem o conhecimento sobre a educação ambiental e a PNEA.

b) Aplicabilidade da Educação Ambiental

Na EMEI, foi possível verificar que 100% das professoras entendem que a aplicação da EA é muito inicial, onde as experiências com a horta e o reaproveitamento da água são pequenas iniciativas dentro da amplitude do tema. Reconhecem a edificação com a cobertura vegetal, mas consideram que não está incorporada na rotina Escolar. A participação da comunidade foi apontada, demonstrando que ela existe, mas ainda de forma reduzida, em parte pelo pouco incentivo da SMED e em outro pela aplicação de questões relacionadas à EA apenas em determinadas datas comemorativas ligadas ao meio ambiente.

Na EMEF, a aplicação da EA de forma transversal na escola encontra certo receio em 40% dos participantes. No quesito da participação da comunidade escolar, a maioria afirma que alunos e pais são participativos e salientam a necessidade de ampliação das atividades.

c) Percepção dos Espaços Educadores Sustentáveis

A escola Infantil apresentou nas questões relativas à arquitetura sustentável; tendo o uso de cobertura vegetal e o reaproveitamento das águas pluviais como estratégias; o entendimento dos conceitos gerais e afirmam que poderiam ser usados didaticamente, através da consciência e atividades com as crianças e comunidade. Afirmam que estas estratégias seriam positivas, pois auxiliaria na transversalidade da EA.

A escola fundamental demonstrou que questões sobre arquitetura sustentável e suas estratégias passivas de projeto são de conhecimento do corpo docente entrevistado e que a aplicação destes é importante para a disseminação de conceitos ligados a EA. Também são unanimes ao reconhecerem a importância da bio arquitetura nas práticas pedagógicas da educação ambiental em todo o currículo escolar.

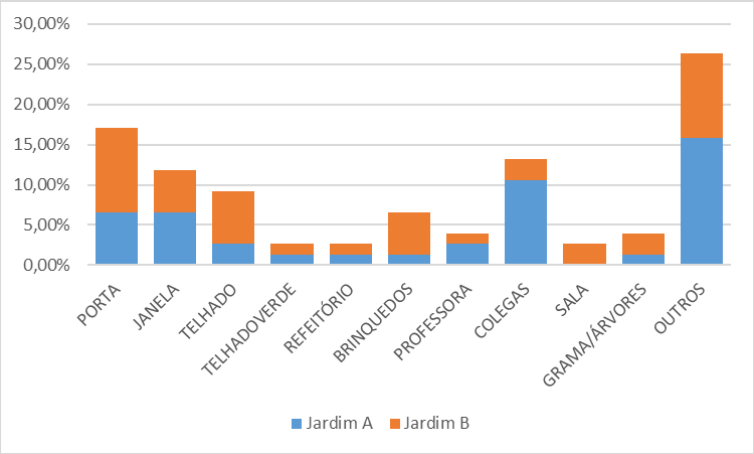
4.1.2 Alunos do Ensino Fundamental

Os alunos que participaram da atividade para o preenchimento das respostas do questionário foram ao todo 8, com idades que variam dos 11 aos 16 anos. A pergunta inicial, que objetiva verificar o nível de entendimento dos alunos a respeito da EA, demonstrou que 25% entendem o tema de forma mais ampla, onde o meio ambiente e as relações pessoais são integrantes do assunto. Os 75% restantes vinculam a EA apenas a questões ecológicas. O entendimento sobre o amplo tema da sustentabilidade é percebido por muitos quantos a seus conceitos e vincula principalmente ao consumo responsável sem comprometer as gerações futuras. Temas como a separação do lixo, o reaproveitamento e uso racional da água, a horta e a composteira são mencionados. Ao serem confrontados com a pergunta sobre como a escola poderia se tornar mais sustentável, os itens que mais se destacaram foram: gastar menos papel, uso racional da água, salas ao ar livre, reaproveitamento das águas pluviais e a criação de áreas sombreadas. O entendimento dos alunos a respeito da arquitetura sustentável e as estratégias que deveria possuir apresentaram respostas diretamente ligadas ao quiosque sustentável, onde itens como o telhado verde, reaproveitamento das águas pluviais e materiais recicláveis de baixo impacto ambiental foram bastantes destacados. Todos reconhecem o LIAU como uma edificação sustentável.

4.1.3 Crianças da Educação Infantil

Para a análise dos resultados, foi separado 13 palavras relacionadas com o assunto e a frequência que apareceram nos desenhos das crianças. A Figura 5 apresenta o gráfico com o percentual de ocorrências.

Figura 5. Gráfico com o percentual de ocorrências das palavras mais citadas em ambas as turmas



Fonte: Autor

O gráfico demonstra que o item *outros* (carros, armários, móveis em geral, poste de iluminação, estrelas, céu, chuva, sol, policial, colchão e etc.) apresentou o maior percentual de representações gráficas pelas crianças, com um total de aproximadamente 26%. O *telhado verde* apresentou um percentual bastante baixo, apenas 2,6%. Mas se considerados os itens *porta, janela, telhado e telhado verde* juntos; itens estes que nos desenhos analisados representam o prédio escolar; o percentual assume um valor bastante elevado de 41%.

5. CONCLUSÃO

Após a análise dos dados levantados, foi possível concluir que os professores da educação infantil ainda carecem de maiores incentivos e capacitação sobre a política de educação ambiental e a lei que a rege. De acordo com as respostas, esperam um aporte maior da SMED e demonstram expectativas positivas para a implantação de uma política de educação ambiental por parte da Secretaria de Educação. Também são enfáticos ao afirmarem que arquitetura sustentável dos prédios escolares pode contribuir significativamente para a disseminação dos conceitos de EA de maneira transversal no currículo.

O mesmo questionário aplicado aos professores da escola de ensino fundamental apresentou uma consciência mais ampla, tanto no sentido teórico quanto na experiência prática. Estes educadores estão mais afinados com os conceitos e os entrevistados demonstraram conhecimento acerca do tema. Um ponto positivo é o fato de todos reconhecerem a importância do prédio sustentável e a forma didática que este pode prover os conceitos da EA.

Quanto aos alunos, as crianças da educação infantil demonstraram através de seus desenhos, pinturas e colagens a percepção dos prédios da escola, o que aponta para o desencadeamento de projetos de arquitetura sustentável, para que possam vir a incorporar em seus cotidianos as questões ambientais e sociais relativas à EA. Já os alunos da escola fundamental demonstram o

aprendizado recebido através do conhecimento e reconhecimento de que algumas estratégias utilizadas na arquitetura que vivenciam podem ser replicadas em seus cotidianos.
Desta forma, fica evidenciado o importante papel que os espaços educadores sustentáveis representam no cotidiano escolar e que a sua ampliação para outras escolas municipais pode contribuir de forma significativa para a EA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDO FORTUNATI. Por um currículo aberto ao possível: Protagonismo das crianças e educação. Itália: La bottega di Geppetto, 2016. p. 37.

BRASIL. Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999. Política Nacional de Educação Ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321>. Acesso em: 20 nov. 2016.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 422, Resolução n.º 237, de 23 de março de 2010.

DIAS, G. F. Educação Ambiental: princípios e práticas.9ed. São Paulo: Gaia, 2004.

DONELLA, Meadows. Conceitos para se fazer Educação Ambiental -

Secretaria do Meio Ambiente, 1997.

FUMAGALLI, Giovanni. Contexto e Oportunidade: Ideia e projeto do ambiente educativo. In:

GALLO, W. de S.; RUFFINO, P. H. P. Estudo de potencial pedagógico na Estação Experimental Itirapina para programas de educação ambiental formal. São Paulo. 2009.

KOWALTOWSKI, DORIS C. C. K. Arquitetura Escolar: o Projeto do Ambiente de Ensino. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MEC. A implantação da Educação Ambiental no Brasil. Brasília: MEC, 1998. 166p.

SMED. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smed/>. Acesso em: 20 nov. 2016.

TBILISI, Conferencia Intergovernamental sobre Educação Ambiental, Geórgia, 1977. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/upload/cea/tbilisicompleto.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2016.

TRAJBER, Rachel; SATO, Michele. Escolas sustentáveis: incubadoras de transformações nas comunidades. Rev. eletrônica Mestrado Educação. Ambiental Set. 2010. Disponível em: <https://www.seer.furg.br/remea/article/view/3396/2054>. Acesso em: 20 nov. 2016.

119. A FORMAÇÃO PROFISSIONAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL E A PRODUÇÃO EM ESCALA DA HABITAÇÃO NO BRASIL: CONFORMAÇÕES E CONTRAPONTOS

GARCIA, Camila M.[*1](camila.mgarcia@hotmail.com); SHIMBO, Lucia Z.*[1] *(luciashimbo@gmail.com)*
[1]Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos (IAU-USP), Brasil

RESUMO
A pesquisa aborda a questão da formação profissional de trabalhadores da construção civil no contexto de crescimento da produção habitacional ocorrida no Brasil a partir dos anos 2000, fomentada pela abertura ao capital das grandes empresas construtoras e por programas habitacionais. Serão analisados processos recentes sob a ótica de duas vertentes: uma de acordo com a lógica da produção habitacional em larga escala, chamada de “conformação”, e seu “contraponto”, experiências nacionais ou internacionais que buscam aliar conhecimentos técnicos a uma formação mais ampla, visando também o desenvolvimento social. Foi adotada a abordagem de pesquisa qualitativa, utilizando-se combinadamente a pesquisa bibliográfica, a pesquisa documental e a pesquisa de campo. Foram escolhidas quatro experiências para aprofundar a análise das duas vertentes: Serviço Nacional de Aprendizado Industrial (SENAI), Brasil; Instituto da Construção, Brasil; Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE), Córdoba, Argentina; Mulheres de São Carlos Construindo Autonomia, Brasil. Como resultados, é possível perceber, por um lado, que a formação profissional promovida pelo setor privado e por parcerias público-privadas está intimamente relacionada às profundas transformações ocorridas no setor imobiliário e da construção civil, dentro de um contexto mais amplo de financeirização da economia e de difusão do paradigma produtivo da flexibilização do trabalho. Por outro, iniciativas como a do CEVE, promovida pelo terceiro setor, articulado com o setor público e/ou com o setor privado, diferem-se por atingirem uma intervenção direta na realidade de populações de baixa renda, urbanas ou rurais, através da transferência tecnológica de sistemas construtivos “apropriados e apropriáveis” e da lógica de gestão integral do habitat, que aborda a questão habitacional em um contexto mais amplo de problemática social.
Palavras-chave: Construção civil; Formação profissional; Política habitacional; Mercado imobiliário; Transferência tecnológica.

PROFESSIONAL EDUCATION IN CONSTRUCTION AND LARGE-SCALE HOUSING PRODUCTION IN BRASIL: CONFORMATIONS AND COUNTERPOINTS

ABSTRACT
This research addresses the problem of professional education in construction, in context of increasing of housing production in large-scale occurred in Brasil from the 2000s, along with the phenomenon of opening up the capital of big construction companies. Will be analyzed qualitatively the recent processes of professional education, from the point of view of two strands: one in agreement with the large scale housing production logic, called “conformation”, and its “counterpoint”, which refers to national or international experiences that combine technical knowledges with a wider and more critical education, with the goal of social development. It was

adopted a qualitative research method, using combined procedures of bibliographic research, documental research and field research. Four experiences were chosen as case studies, contemplating the two strands approached by the project (conformations and counterpoints): Serviço Nacional de Aprendizado Industrial (SENAI), Brasil; Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE), Córdoba, Argentina; Instituto da Construção, Brasil; Mulheres de São Carlos Construindo Autonomia, Brasil. As a result, it is possible to realize, firstly, that professional education promoted by the private sector and by public-private partnerships is closely related with the profound changes ocurred in real estate and in construction, in a wider context of economy financialisation and diffusion of a more flexible organization of work. Secondly, initiatives such as CEVE, promoted by the third sector, articulated with public sector and/or private sector, differ by establishing a direct intervention in low income population's reality, through technological transference in constructive systems and full management logic of habitat, which addresses housing in a wider context of a social problem.
Keywords: Construction; Professional education; Housing policies, real estate, technological transference.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto atual das atividades do setor da construção civil e a produção em escala da habitação no Brasil

A partir dos anos 2000 ocorreu uma visível elevação das atividades da construção civil no Brasil, diante da estabilização macroeconômica, da implementação de programas públicos de financiamento à infraestrutura e à habitação, da redução da taxa de juros e de outros fatores. O mercado imobiliário e o capital financeiro passaram a ocupar um papel importante na produção habitacional do período. Grandes empresas privadas de construção civil, em sua maioria, de capital aberto na Bolsa de Valores, se beneficiaram dos programas de incentivos públicos e puderam ampliar seu mercado, voltando seus recursos para a produção massiva de habitação, principalmente dentro do chamado "segmento econômico", para habitações com valor máximo de até R$200 mil reais, e voltadas para uma faixa da população de menor poder aquisitivo, com renda de até 10 salários mínimos (SHIMBO, 2010). O programa federal Minha Casa, Minha Vida (MCMV) foi criado em março de 2009, após a crise internacional de 2008, com a promessa de alavancar a produção habitacional através de linhas de subsídio garantidas às empresas construtoras. Além disso, o programa se justificava por seu papel de política social de grande escala, com a geração de empregos e a provisão de moradias.

1.2. A formação profissional do trabalhador na construção civil

Entre as consequências desta abrupta elevação das atividades da construção civil está o gargalo resultante da grande falta de mão de obra qualificada para atender às novas demandas. Esta nova realidade produtiva exige profissionais com conhecimentos, em grande parte, também novos e mais especializados, que correspondam às transformações recentes do setor.

Nilton Vargas em 1980, e Marta Farah em 1996, pautaram discussões sobre a o predomínio histórico das atividades manuais na construção civil e a estrutura de ofícios existente mantida por uma tradição do "saber-fazer", aspecto que ainda hoje está presente nas relações de trabalho do setor. A questão da perpetuação da desqualificação do trabalhador da construção civil vem sendo questionada pelas pesquisas e pela literatura a partir da década de 2000. Pesquisas apontam para o surgimento de novas funções que se distanciam dos saberes tradicionais da manufatura, alinham-se ao processo de industrialização e respondem diretamente às demandas dessa nova lógica

(BARAVELLI, 2014). Essa organização do trabalho não rompe completamente com o processo construtivo tradicional, mas seriam adotadas medidas de melhoria de condição de trabalho visando o aumento da produtividade. Outro aspecto que incentivou a qualificação profissional foi o surgimento de programas de normatização para a indústria, a partir da década de 1990, a fim de procurar controlar a qualidade da massiva produção que ocorria, como o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Habitação (PBQP-H).

A procura por mão de obra qualificada, além de ter que superar a questão histórica da formação profissional dos trabalhadores na construção civil através da prática do trabalho, lida com uma problemática estrutural do país, que é o seu sistema educacional. Com relação à escolaridade, 80% dos trabalhadores do setor têm menos de quatro anos de estudo, e 20% são analfabetos funcionais (Blanco, 2007). Costa e Tomasi (2009) apontam para o quanto esses novos saberes da profissão exigem como base conhecimentos construídos no ensino regular fundamental, isso é uma lacuna que os cursos profissionalizantes deveriam suprir.

A intensificação das atividades do mercado imobiliário e da construção civil abre espaço para as parcerias público-privadas, que vêm sendo amplamente adotadas em diversas fases do processo de expansão do capital financeiro nesses setores, inclusive no desenho de novas políticas públicas voltadas para a qualificação profissional. Algebaile (2007) coloca que a educação é o carro-chefe das políticas sociais no Brasil, e, um cenário de necessidade de uma cada vez maior especialização da mão de obra faz com que a partir da década de 1990 parte das políticas atuais sejam voltadas para a formação profissional.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste artigo é analisar novas referências em iniciativas de ensino e de formação profissional, sob a ótica de duas vertentes. A primeira se aproxima da lógica de produção habitacional em grande escala no Brasil promovida por grandes empresas, definida a partir da contextualização teórica anteriormente apresentada, chamadas no âmbito da pesquisa de “conformações”. A segunda se refere a outros processos, nacionais ou internacionais, que não façam parte desta lógica de produção, e que não somente visem à formação voltada para o mercado, mas promovam transferência tecnológica com o objetivo de socialização do conhecimento e desenvolvimento social, chamadas no âmbito da pesquisa de “contrapontos”.

Para tanto, apresenta como objetivos específicos (i) identificar o tipo de formação profissional requisitada pela produção habitacional vigente no Brasil e quais agentes a promovem; (ii) investigar a existência de outros tipos de processo de formação, vinculados à transferência tecnológica e ao desenvolvimento local e social; (iii) caracterizar qualitativamente estes processos de formação; (iv) aproximar comparativamente as análises das duas vertentes aqui tratadas, as “conformidades” e os “contrapontos”, e avaliar quais aspectos de ambas poderiam contribuir para um aprimoramento das demais iniciativas de formação promovidas por instituições ou empresas no Brasil.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O presente artigo é resultado de uma pesquisa qualitativa que recorreu à três procedimentos combinados: a pesquisa bibliográfica, a pesquisa documental e a pesquisa de campo. A pesquisa também envolveu a análise de quatro estudos de caso, cuja seleção ocorreu em uma etapa de pesquisa exploratória sobre experiências de formação profissional. Os estudos de caso abrangem as duas vertentes – conformidades e contrapontos -, nos quais foram desenvolvidas as estratégias

metodológicas de pesquisas documental e de campo. A documental envolveu levantamento de informações e documentos sobre a atuação da iniciativa. A pesquisa de campo recorreu a procedimentos de observação e reflexão acerca de atividades cotidianas e de entrevistas em profundidade com envolvidos.

Dentro das “conformidades”, buscou-se contemplar processos de formação profissional que respondessem às demandas do mercado em contexto de intensificação das atividades da construção civil, e que demonstrassem as relações entre o Estado e o setor privado nesse contexto. O SENAI foi escolhido por ser uma instituição de referência e abrangência nacional em formação profissional em geral e também para a construção civil. É uma instituição que nasce da iniciativa privada, mas integra o quadro das entidades paraestatais, ou seja, que exercem atividades de interesse público, mas sem vínculos administrativos com o Estado. Base do estudo de caso, a Escola SENAI “ORLANDO LAVIERO FERRAIUOLO", localizada na Grande São Paulo, voltada exclusivamente para a construção civil. O Instituto da Construção pertence ao universo de iniciativas privadas de formação profissional para a construção civil, escolhida por seu maior porte dentre as demais e pela sua forte atuação no estado de São Paulo e nos demais estados do país. Por se tratar de uma instituição privada, o acesso a informações documentais foi mais restrito. Entrou-se em contato com duas unidades do Instituto da Construção: uma localizada em Ribeirão Preto, escolhida pela proximidade com a sede da pesquisa (São Carlos); outra, localizada em Campo Limpo na Grande São Paulo, escolhida pelo seu grande porte (possui cerca de 900 alunos) e por estar localizada na capital do Estado.

Dentro dos “contrapontos”, buscou-se contemplar processos de formação profissional que não somente respondessem às demandas do mercado em contexto de intensificação das atividades da construção civil, mas também aliassem objetivos de desenvolvimento social ou de uma formação integral do indivíduo ou de comunidades. O projeto “Mulheres de São Carlos Construindo Autonomia” foi selecionado como estudo de caso por ser uma iniciativa que está no âmbito das políticas públicas, e também pela sua forte abordagem social, uma vez que visa à qualificação profissional de mulheres em situação de vulnerabilidade social para a construção civil, setor de mão de obra historicamente masculina. O projeto ocorre na cidade sede da pesquisa, São Carlos. Ocorreram visitas no prédio do Centro Público de Economia Solidária de São Carlos, órgão que desenvolveu o projeto, e visitas à própria sede do projeto. O CEVE foi selecionado como estudo de caso por ser uma instituição do terceiro setor que promove ações de transferência tecnológica e de desenvolvimento integral dos setores de baixa renda da população, realizando ações pontuais em municípios da Argentina. O contato mais próximo com a instituição ocorreu na ocasião de um estágio de curta duração em sua sede em Córdoba, na Argentina.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Conformações: a formação de trabalhadores na construção civil no SENAI e no Instituto da Construção

O estudo da atuação do SENAI possibilitou uma maior compreensão sobre as parcerias público-privadas no âmbito de políticas públicas atualmente implantadas no país voltadas para a formação profissional. O crescimento nas atividades também acarretou em um outro fenômeno, que foi um verdadeiro boom no surgimento de iniciativas privadas de formação profissional para a construção civil, que pode ser exemplificado a partir da atuação Instituto da Construção.

Destaca-se as características empresariais que foram observadas no Instituto da Construção, que denotam o viés mercadológico desse tipo de iniciativa privada e a formação profissional como um nicho dentro desse contexto. A matriz não exige dos franqueados nenhum tipo de conduta específica no que diz respeito ao planejamento pedagógico, ficando sujeito à auto-organização e iniciativa das unidades. Na ocasião das visitas de campo, evidenciou-se uma visão do ensino como produto, e do aluno, como cliente, como a existência de funcionários que têm por função o cargo de “vendedores”, ou o plano de divulgação da empresa em redes sociais e na televisão local.

As parcerias com empresas privadas do ramo da construção civil ocorrem nos dois casos, e se fazem presentes desde o interior das salas de aula, onde se encontram vários banners promocionais de fabricantes de material e componentes. No caso específico do Instituto da Construção, empresas utilizam seu espaço físico para cursos e capacitações voltados para o uso de seus produtos, existem salas de aulas inteiramente patrocinadas por empresas, “temáticas” e decoradas com propagandas. No SENAI, essas parcerias desenvolvem-se também através de uma modalidade de prestação de serviços a empresas, sejam elas construtoras ou fabricantes de material. O serviço consiste em cursos montados pelo SENAI a partir de uma demanda da empresa para seus funcionários (exemplo: assentador de piso laminado), na modalidade de formação inicial e continuada, com duração e composição variada conforme o caso. A empresa fornece os educadores e fica responsável pelas admissões de inscrições, enquanto o SENAI faz a elaboração do curso e oferece a infraestrutura. Até novembro de 2015 haviam ocorrido mais de 600 projetos no ano. Outro serviço oferecido a empresas e trabalhadores pelo SENAI, a certificação profissional denota também uma visão mercadológica da qualificação profissional. O certificado acaba sendo um fator de “desempate” frente à concorrência no mercado de trabalho em meio ao crescimento de exigência sobre qualificação profissional. Existe uma certa contradição entre uma instituição que fornece cursos profissionalizantes oferecer também uma opção que forneça ao trabalhador certificação na área em que atua sem ter passado por nenhum processo de formação formal. Outra face da certificação profissional é mais diretamente ligada às empresas, que buscam contratar profissionais qualificados por esse ser um fator fundamental para a obtenção de certificados de qualidade e melhorar sua posição no mercado.

O curso Mestre de Obras foi escolhido para análise nas duas instituições quanto a seu conteúdo, metodologia, linguagem, etc. Aborda, além do conteúdo relacionado às funções do canteiro de obras, questões relacionadas à gestão das etapas construtivas e de pessoas através de conceitos como comunicação, relações interpessoais de trabalho, gestão de pessoas, raciocínio lógico, ergonomia, segurança no trabalho, planejamento, supervisão das etapas da obra, etc. O Plano de Curso elaborado pelo SENAI para o curso de Mestre de Obras faz uma análise que atrela inovações tecnológicas com competitividade de mercado. A formação profissional garantiria “base científica mais sólida”, permitindo maior adaptabilidade dos profissionais às mudanças tecnológicas e organizacionais do trabalho. O conteúdo dos cursos das duas instituições demonstra bastante o enfoque da formação do profissional Mestre de Obras como mais ligado ainda à gestão do processo e da equipe e da aplicação de métodos de racionalização do trabalho que à execução em si. É importante frisar que as novas tecnologias em gestão de equipe dependem da inclinação e da capacidade de investimento em organização do trabalho e desenvolvimento tecnológico das empresas de racionalizar seu processo produtivo nesse sentido. Segundo Moura (2011) ainda existem muitas empresas na qual a atuação baseia-se em práticas ligadas à informalidade do setor. Os baixos salários aumentam a rotatividade da mão de obra, o que desencoraja investimento por parte da empresa em treinamento e qualificação. Nesses casos é comum a manutenção do papel

do Mestre de Obras como responsável pela cobrança da produtividade e qualidade através de ações coercitivas.

Um aspecto que diferencia os cursos é o material didático e a metodologia de ensino. No SENAI, o material é desenvolvido por equipe da própria Escola SENAI "Orlando Laviero Ferraiuolo". No Instituto da Construção, o material didático é terceirizado, desenvolvido pela empresa "Didáctica - Soluções em Educação e Conhecimento", que desenvolveu sistema metodológico de ensino modular, formatado especialmente para a expansão no modelo de franquias. Uma outra diferença entre as instituições é o pré-requisito quanto à escolaridade: enquanto o SENAI exige nível de escolaridade mínima para admissão dos alunos (ele deve comprovar ter no mínimo até 6º ano do ensino fundamental completo), o Instituto da Construção não exige, possivelmente com a intenção de absorver a grande parcela de trabalhadores que não se encaixa no perfil de escolaridade estipulado pelo SENAI. Sobre as exigências de um trabalhador com escolaridade mais elevada, Silva (2001) teoriza que a indústria passa a buscar trabalhadores mais "polivalentes", que administram simultaneamente várias máquinas ou desempenham mais de uma função, e aspectos comportamentais como habilidades comunicativas, relações interpessoais para trabalho em equipe e pró-atividade frente a situações problema, como visto no conteúdo dos dois cursos de Mestre de Obras dos estudos de caso, também passam a ser bastante valorizadas pelas empresas. Contrariando essa afirmação, o próprio quadro atual de cursos que o SENAI disponibiliza aponta para o surgimento de inúmeros novos cursos em funções especializadas, de acordo com demandas do mercado por profissionais aptos lidar com a introdução de novos materiais e componentes industrializados. Nesse sentido, Moura (2011) cita como mudanças no setor corroboraram para uma maior fragmentação das tarefas no canteiro. É o caso da tendência de mercado que levou às empresas especializarem-se em determinadas fases da obra, como a colocação de revestimento, impermeabilizações, instalações elétricas e hidráulicas.

Com as transformações produtivas do setor surgem também novos cargos mais ligados à gestão e controle dos processos, muitas vezes até mesmo ocorrendo fora do ambiente de trabalho do canteiro de obras. Acompanhando esse fenômeno, as instituições de ensino profissionalizante criam novos cursos que abarcam esses cargos de gestão já existentes em vários setores da indústria, mas especializando-os para o setor da construção civil. É o caso do curso de Almoxarife de Obras, criado por Comitê Técnico Setorial na Escola SENAI "Orlando Laviero Ferraiuolo" em novembro de 2016.

4.2. Contrapontos: a formação de trabalhadores na construção civil no projeto "Mulheres de São Carlos Construindo Autonomia" e no CEVE

Parte da bibliografia existente sobre a formação profissional na construção civil critica a abordagem mercantilista da educação, que assume como compromisso capacitar profissionais de acordo com a nova realidade produtiva do setor, que, por sua vez, exige profissionais com conhecimentos novos e mais especializados. A questão da qualificação profissional atrelada às políticas públicas também está sujeita a atender a um pensamento neoliberal que assume a formação profissional como chave para contemplar e servir ao novo paradigma produtivo de flexibilização do trabalho. Oliveira (2007) vai enfrentar essa questão por um viés crítico, apontando para desafios e medidas práticas a serem tomadas pelas políticas públicas para uma maior eficácia frente a essas contradições. Segundo Oliveira, as experiências recentes resultaram de um processo contraditório marcado, tanto por um claro esforço de desresponsabilização do Estado frente às políticas sociais (e quando não, transferência destas para o domínio do poder privado), típico de um Estado neoliberal, como pela

ampliação do espaço de participação da sociedade civil na formulação e gestão das políticas públicas. Uma opinião compartilhada por diversos autores é a necessidade da articulação de diferentes atores, agentes e instâncias para sucesso de ações de formação educacional e profissional mais integrais e eficientes. Essa estratégia de descentralização busca estimular a formulação de propostas que sejam mais adequadas ao desenvolvimento local dos municípios (OLIVEIRA, 2013).

Os dois estudos de caso escolhidos dentro da vertente “contrapontos” têm em comum o fato de articularem-se diferentes agentes, como o poder estatal, iniciativas privadas, comunidades organizadas e municipalidades para o enfrentamento de problemáticas sociais (no caso do CEVE, também habitacionais) em escala local. Ambas se inserem no debate da criação e consolidação de circuitos sócio produtivos locais e de formas alternativas de arranjo social para o trabalho, estimulando a autonomia e o desenvolvimento social. Procurou-se apontar para os principais agentes que vêm promovendo este tipo de iniciativa, quais as características dessa formação e quais as competências que abrangem o perfil de profissional que busca capacitar.

O projeto Mulheres de São Carlos Construindo Autonomia foi criado em 2013 a partir de um edital lançado pela Secretaria Especial de Políticas para as Mulheres (SPM) no contexto do II Plano Nacional de Políticas para as Mulheres 2013 - 2015. O projeto tinha como intenção, além da formação profissional de mulheres para a construção civil, estimular a criação de um empreendimento de economia solidária autogerido pelas participantes. O estudo de sua atuação oferece uma maior compreensão das políticas públicas atualmente implantadas no país voltadas para a formação profissional no geral e, especificamente nesse caso, sob o viés das questões de desigualdade de gênero. O CEVE – Centro Experimental de la Vivienda Económica -, por sua vez, é uma organização não governamental dedicada a investigação, desenvolvimento, transferência tecnológica e capacitação no campo da produção habitacional de baixo custo. No enfrentamento da questão habitacional, pode estabelecer vínculos e trabalhar articulado em três diferentes níveis: com o Estado, através de parcerias com órgãos existentes, como Ministérios; com empresas, através de parcerias para projetos de interesse por responsabilidade social, ou como incubadora para período de transferência de tecnologia em sistemas e componentes construtivos, materiais, etc.; com comunidades organizadas, municípios, governo local. No contexto brasileiro e no âmbito das políticas públicas voltadas para a qualificação profissional na construção civil, o projeto Mulheres de São Carlos Construindo Autonomia também se baseia em uma articulação de agentes, uma vez que o município usa de uma verba de programa Federal para promovê-lo, a partir do princípio da descentralização para a formulação de propostas mais adequadas ao desenvolvimento local. A ação municipal, por estar mais próxima das comunidades-alvo das ações, pode ser mais assertiva em identificar e intervir nas problemáticas sociais.

Uma dificuldade encontrada em ambos os casos vem justamente dessa articulação de agentes, que torna os programas vulneráveis a fatores externos, sejam políticos, econômicos ou sociais, que podem influenciar o resultado final. Nos processos de transferência tecnológica do CEVE que ocorrem em parceria com municípios, foi constatado que o principal obstáculo para o sucesso do desenvolvimento integral é a descontinuidade política da gestão municipal. No Caso Rio Cuarto, o Estado estava responsável por financiar a formação, e se pensava que com esse programa fosse possível capacitar um grande número de municípios para que se produzissem habitação ou implementar políticas de habitação. Entretanto, o Estado Nacional não financiou o projeto em Córdoba e mais 2 outras províncias por diferenças políticas. Principalmente em projetos de larga

escala temporal, a descontinuidade política requer, em vários momentos, que se retome etapas ou se comece novamente o trabalho de gestão integral a cada troca de gestão política. No caso do "Mulheres de São Carlos Construindo Autonomia", houve um hiato de quase 2 anos entre a etapa teórica e a prática por conta de dificuldades sofridas durante a licitação de compras de equipamentos e materiais para o espaço físico do curso, e também de uma descontinuidade política com a troca da gestão da Prefeitura Municipal de São Carlos em 2012. As aulas práticas foram retomadas somente no ano de 2015, quando eram para ter ocorrido logo em seguida ao término das aulas teóricas. Isso acarretou em uma grande taxa de evasão de alunas, das 200 ingressantes, somente 40 participaram do último módulo. Acredita-se que a pausa desmotivou as alunas e levou-as a procurar outras formas de inserção mais imediata no mercado de trabalho.

Uma particularidade do programa "Mulheres de São Carlos Construindo Autonomia" é o recorte de gênero que faz. A bibliografia recente apresenta críticas ao modelo como o programa federal, no geral, foi implantado. Oliveira, em artigo de 2013 "O programa Mulheres Construindo Autonomia na Construção Civil: entre a agenda de gênero e a agenda neoliberal" discute como o programa, mesmo trazendo uma inovação no campo das políticas de qualificação profissional para mulheres por romper com a tradição de qualificação em nichos feminizados, incorpora as demais diretrizes dos programas sociais voltados para as mulheres, tais como focalização na pobreza extrema e a capacitação para ocupação de postos preconizados e flexibilizados, regidos pela lógica da agenda neoliberal. Quanto a isso, o projeto contemplado pelo edital federal e implantado em São Carlos traz uma inovação, que é a proposta de empreendimento social que seria formado pelas alunas a partir do final do curso. A ideia da criação e consolidação de um circuito sócio produtivo local e de uma forma alternativa de arranjo social para o trabalho é justamente uma oportunidade de maior autonomia e de emancipação social frente ao contexto econômico neoliberal. Entretanto, fragilidades e insuficiências na etapa de assessoramento para o processo de formação do empreendimento fizeram com que este, ao final do curso, ainda não tivesse sido encaminhado.

O CEVE também desenvolve a criação e consolidação de circuitos sócio produtivos locais através do trabalho. Uma ação nesse sentido é a linha de microcréditos no valor de 5000 a 6000 pesos, voltada para empreendimentos produtivos de caráter domiciliar, inicialmente pensado para a área de construção civil, mas posteriormente ampliado para outros meios de produção como manufatura de costura, doces caseiros, etc. Sob a ótica da gestão integral, nos processos de transferência tecnológica que desenvolve ainda estimula o fortalecimento do sistema produtivo local (micro e pequenos empreendimentos, cooperativas de trabalho, associações de usuários, etc.) e o potencial de geração de empregos e fontes de renda através da valorização dos recursos materiais e humanos da comunidade alvo no planejamento das etapas. Um obstáculo surgido para o sucesso desse tipo de empreendimento é a possível falta de sustentabilidade das pequenas e microempresas geradas a partir da perda ou extinção dos fundos estatais que financiam os projetos habitacionais que lhes deram origem. A motivação inicial para a auto-organização é algo muito importante para maior chance de sucesso do empreendimento.

No contexto atual da economia, muitas iniciativas de qualificação profissional tratam a questão do emprego não como uma "questão social", mas como uma questão de natureza individual, cabendo ao trabalhador individualmente adequar-se às exigências do mercado e tornar-se "empregável". Isso gera um cenário em que coexistem, por um lado, uma valorização do trabalho qualificado nas primeiras escalas da cadeia produtiva, e por outro, uma parcela desvalorizada e mal paga dos trabalhadores das escalas mais baixas da própria cadeia (SILVA, 2007). A consolidação de circuitos

produtivos e laborais autogeridos, é uma alternativa que proporciona possibilidade de maior autonomia e emancipação social frente a esse contexto.

5. CONCLUSÃO

Trazer à luz o debate sobre como ocorrem os processos de formação profissional para o setor atualmente é importante pois fica evidenciado o potencial que têm de tensionarem contradições e explorarem esse campo tão heterogêneo de soluções produtivas, encontrando uma abordagem de atuação de acordo com a nova realidade do setor e dos perfis profissionais que ela redefine, mas que ainda forneça ao profissional ferramentas para superar essa condição de alienação do processo de acumulação do capital dentro da indústria da construção. Sobre isso, Silva (2001) reitera que a busca de soluções no campo da qualificação e requalificação que ofereçam respostas condizentes à realidade é urgente, e não apenas voltada para a empregabilidade dos trabalhadores, mas aproveitar para se repensar a própria relação capital-trabalho. Deve-se aproveitar esse momento de grande investimento em qualificação de mão de obra, de oportunidade de investimento em organização do trabalho e em desenvolvimento tecnológico a fim de avançar com o rompimento de práticas ligadas à informalidade do setor.

Sejam as iniciativas inseridas em programas de políticas públicas, ligados ao setor privado, ou ainda ao terceiro setor, a superação do ensino profissional ligado estritamente ao pensamento neoliberal (que assume a formação profissional como chave para contemplar e servir ao novo paradigma produtivo de flexibilização do trabalho), ou às demandas diretas do mercado, têm o potencial de promover benefícios concretos à sociedade e à economia através do rompimento com condições que são estruturais no país atualmente: as fragilidades do sistema formal de educação e do quadro atual da formação voltada para o trabalho.

É importante frisar que não é puramente por estabelecer relações com o setor privado que uma iniciativa assume caráter mercadológico. Prova disso é a atuação do CEVE, que presta serviços de transferência tecnológicas e consultoria em processos de assessoramento e capacitação para empresas, em iniciativas em que o setor empresarial explora ações concretas para resolução de problemas sociais onde atua, posicionando-se como agente em processos de desenvolvimento mais integrais, de articulação com o Estado e outros agentes sociais. O setor privado empresarial pode, sim, atuar como um facilitador da solução de uma problemática social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livro

BARONE, R. E. M; VIEITEZ, C. G. Educação e políticas públicas: tópicos para o debate. Araraquara: Junqueira&marin; Editores, 2007.

FARAH, M. F. S. Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança. São Paulo, 1996. Annablume; Fapesp, 1996.

OLIVEIRA, R. V. A qualificação profissional como política pública. In: Oliveira, Roberto Véras (org.). Políticas Públicas de Qualificação: Desafios Atuais. São Paulo: A+Comunicação, 2007.

Artigo de periódico

BLANCO, M. O preço da desqualificação. Construção Mercado, São Paulo, n. 73, ago. 2007.

COSTA, L.R; TOMASI, A de P. N. O canteiro de obras é escola? Formação e qualificação profissional na construção civil. Teoria e Sociedade, nº 17.2 - julho-dezembro de 2009.

OLIVEIRA, R. V. Momento atual da política pública de qualificação profissional no Brasil: desafios e inflexões. Revista Ariús. Campina Grande, v. 13, n. 1, jan./jul. 2007, p. 51-59.

OLIVEIRA, T. S. O programa Mulheres Construindo Autonomia na Construção Civil: entre a agenda de gênero e a agenda neoliberal. In: Seminário Internacional Fazendo Gênero 10, 2013, Florianópolis. Anais eletrônicos, Florianópolis, 2013b.

SILVA, E. E. Os dilemas da formação profissional no mundo globalizado. In: XXI SEMAD - Semana do Administrador, 2001, Maringá. ANAIS - XXI SEMAD - UEM, 2001.

Monografia, dissertação e tese

BARAVELLI, J. E. Terra, trabalho e tecnologia no programa MCMV. 2014. 226 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MOURA, A. D. S. de. Novas soluções, velhas contradições: a dinâmica cíclica da industrialização em sua forma canteiro. Dissertação – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SHIMBO, L. Z. Habitação Social, Habitação de Mercado: a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

141. ENSINO E CAPACITAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE TERRA

NAGY RAMOS, Renata Benedetti Mello[1](renatanagy@yahoo.com.br); YUBA, Andrea Naguissa*[2] (naguissa@gmail.com).*
[1]Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Brasil
[2]Universidade Federal de mato Grosso do Sul (UFMS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A arquitetura de terra tem se desenvolvido consideravelmente nas últimas décadas, principalmente pelas pressões da sociedade por soluções integradas com potencial ambiental, social, econômico, que provenha dignidade e conforto à população. Dentre as várias ações de busca por soluções que garantam boa qualidade para as construções uma questão que merece mais atenção é a valorização da mão de obra, quanto à capacitação e criação de novas habilidades. Atualmente no Brasil, a transferência de tecnologia de construção em terra é realizada de maneira tanto formal, quanto informal e falta padronização e literatura sobre o assunto. O presente artigo, tem como objetivo identificar e caracterizar as ações de transferência e capacitação da tecnologia de construção com terra. Para tanto, foi estabelecido um recorte para a pesquisa, focalizando a técnica da taipa de pilão e foi utilizado o método de pesquisa documental, que envolveu a revisão bibliográfica de artigos técnicos nacionais e internacionais, o levantamento de material didático de disciplinas, conteúdos de cursos de capacitação e oficinas. Todos os documentos foram comparados entre si quanto à estrutura, recursos e conteúdo, resultando em uma sistematização que expõe as lacunas, as peculiaridades e semelhanças das práticas encontradas.
Palavras-chave: taipa de pilão, treinamento, terra, construção civil, mão de obra.

TEACHING AND TRAINING FOR EARTHEN CONSTRUCTION

ABSTRACT
Earthen architecture has increased in the last decades, due to the sustainability burdens for integrated environmental, social and economic solutions to provide dignity and confort to the population. Among many actions to improve buildings production, one of them that deserves more attention is the development of the workforce, regarding training actions and building new capacities. In Brazil, the knowledge about earthen construction is transfered by institutionalized and informal ways and there is a lack of standartization and even literature about it. This paper aims to identify and describe transfer and capacitation actions about earthen construction technology. To reach this goal, the paper is focused on rammed earth walls production, and it is based on literature review, including papers, didactic documents and apostilas. All of them were compared regarding structure, resources and contents, resulting in a systematization that exposes the gaps, peculiarities and similarities of the actions.
Keywords: rammed earth, training, earth, building construction, workforce.

1. INTRODUÇÃO

A terra foi um dos primeiros materiais de construção utilizados pelo homem para construir abrigos, edifícios e monumentos, com diversas técnicas construtivas adaptadas a diferentes climas e culturas. No decorrer da história, reduziu-se bastante seu uso mas, em decorrência de problemas

ambientais, esse material retorna como oportunidade para agregar mais sustentabilidade e, muitas vezes, associado ao papel social da Arquitetura.

Fathy (1982) recorrentemente relaciona a arquitetura de terra com o seu potencial de redução da pobreza, conservação de recursos, proteção da diversidade cultural em meio à globalização e preservação dos valores sociais realizadas pelo patrimônio arquitetônico. As técnicas de construção com terra também costumam ser enaltecidas por serem em grande parte recicláveis, minimizar a necessidade de transporte, possuir alta durabilidade e ter baixa condutibilidade térmica (Pisani, 2004; Faria Rodrigues, 2007).

Ramos; Gámez; Cossio (2002) ponderam que apesar de positiva, essa associação entre terra, arquitetura e sustentabilidade não acontece de forma tão trivial, principalmente em países que já perderam essa cultura construtiva há mais tempo ou naquelas em que essa apropriação foi historicamente precária. E, nos dias atuais, tanto no meio urbano quanto no meio rural, a aquisição de materiais e componentes industrializados é mais fácil do que a terra, que apesar de gratuita e abundante, é diversa e requer apoio técnico experiente para seu preparo e uso.

Em alguns outros países, o uso moderno da terra aparece associado a um suporte tecnológico, como na Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos (GOLEBIOWSKI, 2009) e apoiado por normativas nacionais (CORREIA, 2006). Já em outros, como Portugal e Espanha, os métodos de construção com terra ainda encontram-se em transição entre o artesanal e o moderno (FONT; HIDALGO, 2011; PONTE, 2012).

Assim, na situação atual é esperado que se depare por um lado, com experiências estrangeiras de sucesso e do outro, uma grande demanda por construções “mais sustentáveis”, com lacunas a serem preenchidas. Uma dessas lacunas, identificada por Veraldo (2015) é a falta de capacitação, seja da mão de obra, quanto dos demais profissionais da cadeia produtiva da construção civil.

No ensino formal, Faria; Beltrame; Alonge (2016) dizem que há muita dificuldade de inserção e formalização de temas relacionados a arquitetura e construção com terra nas instituições de ensino superior brasileiras, tanto na graduação quanto na pós-graduação, nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Segundo Parisi, Rodrigues e Hoffmann (2012), há necessidade de formulação e/ou a sugestão de ementas para disciplinas sobre a arquitetura e construção com terra nas escolas, cursos e faculdades de Arquitetura de todo o país. Assim, cabe questionar quem são os responsáveis por propor e/ou inserir disciplinas ou cursos de arquitetura de terra nas universidades.

O conteúdo sobre terra tem sido negligenciado pelas instituições, aparecendo em poucos currículos “oficiais” de ensino. Entretanto, exceções são apresentadas por Faria; Beltrame; Alonge (2016), na qual quatro universidades oferecem disciplinas que tratam do assunto, 3 em São Paulo e 1 no Mato Grosso do Sul. Dessas, uma é derivada da iniciativa na década de 90, do século XX, quando houve uma ação da cátedra da UNESCO de Arquitetura de Terra, Culturas Construtivas e Desenvolvimento Sustentável, que promoveu (desde 1998) o diálogo entre os diversos países e facilitou o intercâmbio da transferência do conhecimento através da relação do ensino superior, formação profissional e da pesquisa no campo da arquitetura de terra.

Além desses, as iniciativas para a disseminação da arquitetura de terra e difusão dos conhecimentos de suas técnicas são realizadas em conferências específicas sobre o tema, que acabam se tornando uma das poucas fontes de capacitação de pessoas. O Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (TerraBrasil), evento recente, criado há 10 anos, reúne trabalhos acadêmicos e profissionais, além de realizar oficinas de sensibilização para iniciantes, com demonstração das principais técnicas de construção com terra.

Há também opções de aprendizado das técnicas que foram/são oferecidas em cursos de curta duração, por organizações particulares (“ecocentros” ou institutos de permacultura) e instituições

públicas (universidades e programas governamentais) e que abordam diversas técnicas dentro de um mesmo curso e oferecem uma visão sistêmica do assunto (JOAQUIM, 2010).
Para complementar o rol de alternativas de capacitação, ainda há publicações como cartilhas, manuais e cadernos técnicos, que segundo Andrade (2014), podem ter diferentes abordagens e níveis de aprofundamento, como por exemplo o manual *Talleres Proterra – Instructivo para la organización (*2011), que ensina instrutores a organizar oficinas de construção com terra e destina-se ao público técnico, diferentemente da cartilha elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente em 2008, denominada 'Curso de Bioconstrução', que traz uma linguagem mais fácil e destina-se a qualquer pessoa, com conhecimentos anteriores sobre o assunto ou não.
Assim, este artigo discorre sobre o tema educação para construção com terra crua e apresenta um panorama das práticas pedagógicas sobre o assunto. Desse escopo, definiu-se o problema desta pesquisa: quais os métodos de ensino e ferramentas utilizadas no processo da ação pedagógica da transferência do conhecimento da construção com terra? Como se organizam e como são seus planos de ensino para atingir aos diversos públicos?

2. OBJETIVO E MÉTODO

Na identificação de pesquisas anteriores sobre o assunto, percebe-se que são mais frequentes as publicações relacionadas às questões específicas e técnicas (respostas sísmicas de edifícios de terra, propriedades das paredes e desempenho térmico, por exemplo). Mas há autores, ainda que poucos, como Rotondaro, Mascitti (2012), Joaquim (2015), Garzon, Neves (2007), Mellace (2003) que abordam a temática relacionada à transferência de tecnologia, capacitação e educação para construção com terra.
Para responder ao problema anunciado, este artigo tem como objetivo geral identificar e caracterizar as ações de transferência e capacitação da tecnologia de construção com terra. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, que contempla (com base em Moreira, 2005 e Nascimento, 2009): (1) Identificação de documentos: panorama geral de cada uma das referências estudadas; (2) Análise do conteúdo: conceitos, ideias, objetivo, formato, surgimento e desenvolvimento das entidades e dados gerais (início do curso, ementa, programa, carga horária total); (3) Padronização do formato; (4) Análise comparativa das referências que permitem identificar as semelhanças e as diferenças entre eles.
Foram selecionados para este estudo as seguintes referências, por seus programas, planos e conteúdos estarem disponíveis, com acesso via Internet:

a. **PIRATE (*Provide Instructions and Resources for Assessment and Training in Earth Building)***, é um projeto internacional financiado pela Comissão Europeia que teve duração de 36 meses (out. 2012 – set. 2015) que compreendeu o ensino e formação de profissionais da área de construção de oito países (República Tcheca, França, Alemanha, Portugal, Eslováquia, Espanha, Sérvia e Reino Unido) e dezoito organizações ligadas à construção com terra, que estabeleceram parcerias apoiadas pelos diferentes programas da União Européia, com o objetivo de trocarem experiências, desenvolver materiais pedagógicos e registar boas práticas (Ferreira, 2015), tendo trabalhado juntos os profissionais do setor da construção, do ensino e da formação profissional. O curso atende 3 níveis de conhecimento e formação (nível 3 - pedreiros, nível 4 - mestres de obra e nível 5 - arquitetos/engenheiros).
b. **Curso de capacitação para construção de paredes de solo cimento em sistema de taipa de pilão/UFMS:** curso oferecido para construtores, mestres de obra e pedreiros em 2014, desenvolvido no âmbito de projetos do grupo de pesquisa "Sustentabilidade no Ambiente Construído" do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

c. **CRIATIC**: disciplina eletiva *Arquitectura de tierra cruda*, faz parte da área de concentração (ciências básicas, tecnologia, produção e gestão) do *Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda* (CRIATIC) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Nacional de Tucumán (UNT): A instituição criada em 1952, também faz parte da cátedra "Arquitetura de terra, culturas construtivas e desenvolvimento sustentável" da UNESCO; o curso de arquitetura contempla a carga horária total de 4224 horas, que inclui a realização de pesquisas, difusão e transferência de conhecimento ligados à produção de materiais, componentes e elementos construtivos baseados no uso intensivo da terra crua e sua aplicação em massa na habitação social, tanto em áreas urbanas quanto rurais.
d. **IFMG**: o curso superior de Tecnologia em Conservação e Restauro do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), tem a duração de três anos e foi reconhecido pelo Ministério da Educação em 2011. Neste curso, a construção com terra está inserida na disciplina obrigatória denominada Materiais de Construção I.
e. **CRATERRE**: o curso de pós-graduação, do laboratório francês CRATerre *(Centre international de la construction en terre* vinculado à Escola Nacional Superior de Arquitetura de Grenoble (ENSAG) foi lançado em 1984 através da cátedra da UNESCO "Arquitetura de terra, culturas construtivas e desenvolvimento sustentável". O curso é considerado de nível M2[2] e promove ao mesmo tempo, programas de formação profissional em sala de aula e no campo, em parceria com o desenvolvimento curricular.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a metodologia estabelecida, os resultados alcançados são apresentados em forma de tabelas, visto que se tratam de comparações e pela apresentação sintetizada, da estrutura, carga horária e conteúdos ministrados. A tabela 1 mostra os conteúdos de cursos para mestres e pedreiros.

Em ambos os cursos, observa-se a existência de atividades práticas como procedimento para transmissão dos conteúdos para esse público. No PIRATE, evidentemente, isso é mais frequente, possivelmente em decorrência da infraestrutura disponível, visto que se trata de uma ação coordenada, que envolve várias instituições. A falta da informação sobre carga horaria do PIRATE não permite comparar o tempo dispendido por cada um.

Os conteúdos são em geral, objetivos e diretamente relacionados às atividades executivas, tendo pouca abordagem sobre questões conceituais. Ainda assim, o PIRATE avança em assuntos que ainda não tem muito desenvolvimento no Brasil.

Tabela 1. Comparação de cursos para mestres de obra e pedreiros.

PIRATE (Nível 3, 4) - Construção com terra (carga horária: não informa).	**Curso de capacitação para construção de paredes de solo cimento em sistema de taipa de pilão (Projeto UFMS)** (carga horária: 30h).	**Análise**

[2] na França, o ensino universitário é organizado em três níveis: graduação, mestrado e doutorado tendo a graduação duração de três anos da vida acadêmica e os dois últimos dividem-se em Master 1 (M1) e Master 2 (M2).

"Mercado da construção com terra" • Vantagens e características da construção com terra; • Técnicas locais e regionais; • Contexto histórico e geográfico; • Princípios de negócio e gestão (matemática básica, proposta, orçamento, quantificação e especificações); • Contratos e seguros; • Fornecimento de materiais e ferramentas (produtores e fornecedores); • Estudo do mercado regional; • Plano de marketing; • Redes de contato para construção com terra (articulação com empreiteiros, arquitetos/ engenheiros e clientes sobre: necessidades específicas para construção com terra, termo de responsabilidade, competências profissionais); • Leis e normas; • Regras de saúde e segurança.	**"Paredes de taipa mecanizada"** • Etapas da construção (projeto, seleção solo, fundação, paredes, interfaces); • Características do sistema (desenho, técnica, desempenho térmico e acústico); • Processo construtivo (frentes de trabalho, controle de qualidade); • Mecanização (produtividade); • Vantagens (sustentabilidade, custos-benefícios); • Limitações (vulnerabilidade à água, projeto, fôrmas, instalações); • Histórico; • Incubação e empreendimentos.	Embora as unidades tenham nomes diferentes, há semelhança entre conteúdos. No projeto PIRATE são detalhados os conteúdos que abordam o desenvolvimento de estratégias de negócio e empreendedorismo, com mais aprofundamento do que o Projeto UFMS. A presença de questões como precificação, seguro, articulação entre agentes e o marketing retratam a diferença de inserção da tecnologia no contexto europeu e brasileiro. No PIRATE, são ainda mencionadas normas e regras de segurança (incluso os termos de responsabilidade sobre a construção com terra) e exigências da lei referentes ao local de trabalho, ausentes no Projeto UFMS.
"Matéria prima e mistura": • Fontes de informação sobre matéria-prima local: classificação de solos / noções de geologia, estudo do local, observação da paisagem, saberes locais; • Controle legal e ambiental da extração da terra; • Constituintes e propriedades da terra: coesão, granulometria, plasticidade, teor de umidade; • Testes de identificação da terra em campo/ ou em laboratório; • Granulometria; • Princípios de estabilização (física e química); • Papel das fibras na construção com terra; • Ferramentas; • Máquinas e equipamentos; • Normas de segurança do trabalho.	**"Solocimento":** • Tipos de solo (arenosos, argilosos, etc); • Seleção e caracterização dos solos (granulometria, plasticidade); • Umidade ótima, traço e dosagens; • Estabilização e correção (química, física e mecânica).	Fica evidenciado que o primeiro aborda mais etapas (anteriores e posteriores) do processo de produção do que o segundo. O PIRATE dá a entender que utiliza aulas práticas para transmitir esse conteúdo, a julgar pelos critérios de avaliação que apresenta no documento "Matriz das Unidades ECVET" O controle legal e ambiental da extração da terra e observação da paisagem, saberes locais (PIRATE) demonstram a preocupação em transmitir mais do que as questões técnicas, oportunizando percepções mais abrangentes.
"Formas": • Tipos e requisitos de formas (montagem; segurança e armazenamento): móvel e estática, parcial e integral, tradicional. Montagem da forma: instalação e fixação. • Formas para paredes curvas; • Critérios de seleção do sistema adequado; • Detalhes construtivos: cantos, arestas, aberturas de vãos, topo da parede, instalações; • Relação entre dimensões de componentes e a sua resistência à flexão; • Instalação das formas: manuseio transporte, montagem, alinhamento, conectores e ligações; • Tipos de andaimes;	**"Formas e detalhes construtivos (interfaces)":** • Evolução e tipos de formas; • Função das peças e procedimentos, prumo, nível • Detalhamentos construtivos (vergas, instalações etc); • Encaixes macho-fêmea; • Interfaces com piso, paredes, esquadrias, cobertura.	Assim como o item anterior, o PIRATE aparenta utilizar aulas práticas para esse conteúdo, oportunizando o contato com diversidade maior de tipos de formas, com seleção dos sistemas mais adequados para cada uso e necessidade.

• Segurança em trabalhos em altura; • Regras de saúde e segurança.		
"Construir com terra – taipa": • Equipamentos de compactação; • Proteção contra deformações e fissuras; • Fatores que influenciam a qualidade final da superfície de parede de taipa; • Pré-fabricação; • Normas e regras de segurança específicas para trabalhos em altura; • Utilização de equipamento pneumático.	**"O canteiro":** • Distribuição de máquinas e instalações; • Layout do canteiro; • Manutenção das máquinas e reposição de material durante o processo; • Transportes das máquinas; • Custos e fabricantes; • Procedimentos executivos e métodos de controle recomendados (teórica e prática); • Mistura; • Lançamento; • Homogeneização da mistura; • Umidade; • Pré-compactação; • Compactação.	O conteúdo UFMS é sequencial, retratando com mais fidelidade o processo executivo. Ambos tratam de equipamentos, apesar de no Brasil, a oferta ser bem mais limitada. Assim como nos anteriores, o PIRATE aparentemente utiliza a prática como recurso didático, pela menção de indicadores de avaliação de aptidões. As normas e regras de segurança específicas para trabalhos em altura, aparecem no PIRATE. No Brasil, a NR 18 estabelece as condições a serem observadas para a instalação e uso de andaimes nas obras e seu conteúdo pode ser adaptado para os cursos de construção com terra.
"Reparação e conservação (rebocos e paredes)": • Técnicas e materiais tradicionais, conservação e métodos; • Causas de anomalias; • Degradação; • Colapso; • Patologia estrutural; • Materiais de reparação; • Técnicas de manutenção; • Tratamento de aberturas, vãos, pavimentos e arestas; • Regras de saúde e segurança no trabalho; • Legislação para intervenções em edifícios antigos e monumentos históricos.	**"Procedimentos pós-desforma":** • Patologias, correções e manutenção; • Aplicação de revestimentos; • Recortes (inclinados); • Cura, acabamentos; Instalações elétricas e hidro sanitárias.	Apesar das diferentes denominações, ambos os conteúdos abordam patologias, ainda que o da UFMS não trate de edifícios históricos. Menciona apenas reparos e correções em paredes novas com patologias devido ao processo de desforma. O conteúdo do PIRATE tem o mesmo nome do conteúdo do nível 5 (ver tabela 3), entretanto há diferenças. No nível 3 e 4 são estudadas as patologias e os materiais, com foco no diagnóstico e execução de reparos.

Na tabela 2, foram comparadas duas disciplinas de graduação, uma optativa e uma obrigatória, que trazem a construção com terra em seus conteúdos.

Tabela 2. Comparação de disciplinas sobre construção com terra para cursos de nível superior.

CRIATIC **Disciplina optativa "Arquitetura de terra crua"** (carga horária: 48h)	**IFMG** **Disciplina obrigatória "Materiais de Construção I"** (carga horária: 50h)	**Análise**
• Definições, patrimônio cultural, passado e presente da arquitetura de terra no mundo; • A arquitetura de terra na América Latina; • A arquitetura de terra na Argentina; • Sistemas construtivos (técnicas de execução, características gerais, particularidades); • Estudo tecnológico do material (terra/ solo), origem, composição, propriedades,	• Evolução histórica dos materiais de construção; • Conceitos iniciais; • Classificação dos materiais de construção; • Propriedades e características dos materiais (ligações químicas, massa e peso unitário, massa e peso específico, densidade, coeficiente de dilatação);	Sendo uma disciplina específica sobre terra (optativa) e a outra onde esse tema é um dos assuntos (obrigatória) é de se esperar que tenham graus de profundidade diferentes. A disciplina do CRIATIC aborda questões técnicas, assim como a

comportamento, estabilização física, mecânica e química, estabilizantes industriais e tradicionais; • Verificação do comportamento do solo: provas de campo e ensaios de laboratório; • Elementos construtivos e desenho arquitetônico; • Propostas e soluções; • Elementos construtivos não estruturais: revestimentos e acabamentos; • Preservação e manutenção; • Especificações técnicas; • Desenho arquitetônico, consideração de fatores culturais, geográficos, climáticos, funcionais, tecnológicos; • Análise estrutural resistente as ações sísmicas; • Condições de uso e manutenção;	• A terra como material de construção (histórico de construção com terra, solo mineral e solo orgânico – características principais, processo de formação, classificações, granulometria; • Estudo das areias naturais – granulometria, composição mineralógica, comportamento mecânico e térmico, uso); • Aglomerantes naturais (histórico, tipos, características física, química e mineralógica, processos de obtenção, endurecimento, deterioração, estudo de argamassas com aglomerantes naturais; • Normas técnicas; propriedades mecânicas dos materiais: solo e aglomerantes naturais.	disciplina IFMG, e inclui ainda uma abordagem histórica da arquitetura de terra na América Latina e na Argentina. Há também conteúdos relacionados ao desenho arquitetônico voltado a arquitetura de terra, considerando os fatores culturais, funcionais, geográficos e ambientais.

Ambos dão condições para a especificação de elementos construtivos de terra, com embasamento técnico. A disciplina optativa amplia a visão, oferecendo elementos históricos e dados de desenho que dão mais autonomia ao projetista. Dadas as diferenças de conteúdo identificadas, é desejável que se compare duas disciplinas com mesmo caráter, à medida que a pesquisa avance e novos conteúdos sejam encontrados.
A tabela 3 faz a análise comparativa entre dois cursos oferecidos aos já graduados.

Tabela 3. Comparação de cursos sobre construção com terra para graduados.

PIRATE (Nível 5) **Construção com terra** (Carga horária: não informa)	**CRATERRE (M2)** (Carga horária: 2400 h)	**Análise**
"Construir com terra (taipa)": • Vantagens ambientais, locais e globais dos elementos construtivos de terra: energia incorporada, pegada de carbono, reciclagem, toxicidade, transporte, materiais locais, consumo de água, benefícios sócio econômicos x custos financeiros; • Diferentes técnicas vernáculas e contemporâneas de construção com terra; • Especificidades do planejamento de canteiros para construção com terra: fornecedores e distribuidores, armazenamento e manuseio de materiais, custos; • Inovação e desenvolvimento relacionados com a construção com terra; • Profissionais de construção com terra (redes, qualificações, fornecedores e empreiteiros); • Regulamentos normas, especificações técnicas relacionados com a construção com terra.	"Técnicas de produção e construção" Taipa, Adobe e Cob: Ferramentas, equipamentos, noções e cálculo de custo de produção, controle de qualidade e organização do canteiro de obra.	Ambos fornecem uma visão geral das razões para escolha de sistemas construtivos de terra, em detrimento de outros sistemas. Ilustram os principais questionamentos decorrentes dessa escolha.

"Mercado de construção com terra": • Como integrar a terra no mercado convencional da construção; • Benefícios sócio-econômicos e os custos financeiros; • Noções de geologia aplicada à construção com terra; • Inovação, produtos e desenvolvimentos relacionados com a construção com terra; • Códigos normas, regulamentação aplicáveis à construção com terra; • Preços praticados e tempo gasto para construção de diferentes elementos construtivos de terra; • Análise do ciclo de vida; • Cálculo da pegada de carbono e de energia incorporada.	**"Mercado da arquitetura de terra":** • Estratégia Global para a Habitação (Nações Unidas); • As estratégias de intervenção nos países em desenvolvimento; • Projeto, programação e gestão; • Potencial de design e restrições; • Arquitetura em terra tradicional e moderna; • Ciclos de vida dos materiais e construções; • Arquitetura bioclimática – realizações contemporâneas e as referências arquitetônicas (França, Alemanha, Austrália e EUA).	Temas como geologia, inovação, ACV, design, arquitetura bioclimática, aparecem no rol de ambos os cursos, denotando a diferença de abordagem em relação aos demais públicos e a intenção de ampliar questões que ultrapassam a técnica em si. Ambos discutem a inserção da arquitetura de terra no mercado, seja através de um programa ou investindo em competitividade.
"Formas: taipa e COB": • Tipos de formas, montagem, segurança, armazenamento, fornecedores; • Técnica de construção com terra e suas necessidades específicas em termos de formas; • Critérios de seleção para a escolha de formas (custo, resistência, massa/peso, dimensões, qualidade da superfície dos painéis).	Não apresenta.	Tema estudado detalhadamente num módulo do Projeto PIRATE, sem similar no CRATERRE. Ainda que a unidade do PIRATE trate de outras técnicas além da taipa, a sua inclusão nesta análise se deve à relevância do conteúdo, que aborda técnica e cadeia produtiva, com detalhes que interessam ao desenvolvimento da tecnologia no Brasil.
"Matéria prima e mistura": • Noções de geologia aplicadas à construção com terra (interpretar relatórios, mapas, recolher dados); • Propriedades do uso da argila como ligante nos materiais de construção; • Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de estabilização; • Métodos para determinar a mistura apropriada; • Critérios de seleção de equipamentos de preparação da terra; • Propriedades higrotérmicas, bioclimáticas e mecânicas dos materiais de construção com terra; • Impactos ambientais do material terra: dados de análise do ciclo de vida e avaliação do carbono.	**"A terra como matéria prima":** • Processo de formação do solo - conteúdos: material orgânico, argila, silte, areia; • As propriedades fundamentais da terra: textura, plasticidade, compactação e coesão; • Classificação, identificação e seleção do solo; • Análises de campo e laboratório; • Laboratório de análises: equipamentos, testes e princípios, controle e aceitação; • Estabilização de solos e os produtos e processos; • A adequação da terra para diferentes tipos de estabilização; • Qualidades e características do material: mecânica, estática, física; • Normas, padrões e recomendações.	Há muita semelhança entre ambos, (com exceção da abordagem ambiental, do PIRATE), mesmo sendo o PIRATE um curso profissional e o do CRATERRE um curso de pós graduação.
"Reparação e conservação – rebocos e paredes":	**"Conservação e gestão do patrimônio de arquitetura de terra":**	A unidade "Reparação e conservação – Rebocos e paredes" apesar de

• Importância e significado da cultura construtiva histórica dos edifícios; • Conservação de materiais e técnicas tradicionais/vernaculares com terra; • Patologia: principais anomalias que podem provocar o colapso da edificação; • Benefícios socioeconômicos x custos financeiros; • Inovação e desenvolvimento relacionados com a reparação, reabilitação, conservação da construção com terra.	• História e teoria da conservação, identificação, documentação e análise do estado de um edifício; • Conservação preventiva; • Monitoramento e manutenção.	abranger conteúdo relacionado a rebocos, foi inclusa na análise tendo em vista as semelhanças referentes aos patrimônios, além da identificação, diagnóstico, mapeamento e correção de patologias.
Não apresenta.	**"História da arquitetura de terra":** • História geral da arquitetura de terra nos cinco continentes desde Neolítico até o tempo moderno (século XIX); • História do renascimento da arquitetura de terra: a influência de François Cointeraux, precursor da modernidade, e Hassan Fathy e outros pioneiros do desenvolvimento sustentável; • Modernidade das arquiteturas de terra em países desenvolvidos: arquitetura de terra contemporânea nos EUA, Austrália, França e na Europa.	O PIRATE não apresenta um módulo específico sobre a história da arquitetura de terra. O curso do CRATERRE, nesse sentido, é mais completo, abrangendo a história da arquitetura de terra nos continentes, a evolução da produção arquitetônica e seus expoentes.

Como o público a que se destina é o graduado, percebe-se que os conteúdos são direcionados para o processo de tomada de decisão, desde as justificativas mais generalistas às mais específicas. Explora as questões de maneira a subsidiar a formação de um pensamento crítico, a partir dos dados históricos, da influência de pensadores, sustentabilidade ambiental e inovação. A inserção no mercado tem um item dedicado à parte em ambos, com apresentação de variados agentes da cadeia produtiva.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora utilizado no passado por diversas civilizações, resgatar o uso de taipa de pilão nos dias de hoje demanda aprendizado que envolve evidentemente os procedimentos executivos, mas também assuntos relacionados à química, geologia, pedologia, marketing, administração de empresas, ecologia, sob os enfoques da pesquisa, desenvolvimento e inovação.

O levantamento das práticas de ensino sobre arquitetura de terra proporcionou um panorama sistematizado de algumas estruturas e conteúdos do ensino acadêmico e treinamento profissional, evidenciando diferenças de abordagem, conforme o público a ser atingido, oferecidos de forma teórica e prática.

De modo geral, a formação pode ser classificada em 3 níveis: execução, especificação e crítica, mas quanto mais estruturado o curso (infraestrutura e agentes envolvidos), mais se amplia o rol de questões debatidas. Tratando-se de uma técnica ainda não convencional, não há como não mencionar essas interfaces, que ainda estão se definindo.

Apesar de serem necessários aprimoramentos e maior aprofundamento da pesquisa, o levantamento das lacunas e das diferenças dos procedimentos de ensino das diversas experiências descritas pode auxiliar na elaboração/reestruturação de programas pedagógicos de cursos acadêmicos e profissionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. M. Análise do uso de cartilhas e guias de orientação para construção de habitações de interesse social. Cuiabá, 2014. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso.

CORREIA, M. Universalidade e diversidade da arquitectura de Terra. In: 10 ª Mesa redonda de primavera. Terra Forma de Construir Arquitetura. Antropologia. Arqueologia. (pp. 12-19). Lisboa: Argumentum e Escola Superior Gallaecia, 2006.

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – Universidade Nacional de Tucumán. Disponível em: < http://www.fau.unt.edu.ar/plan-de-estudio/ > Acesso em 23 Dez.2016.

FARIA RODRIGUES, P. Construções em terra crua. Tecnologias, potencialidades e patologias. MUSA, 2; 2007 p.149-155.

FARIA, O. B.; BELTRAME, A. S. D.; ALONGE, F. A. Breve Panorama do Ensino e Pesquisa sobre Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. 2016, Bauru. Anais... Bauru: UNESP - Rede TerraBrasil, 2016.

FATHY, H. Construindo com o povo: arquitetura para os pobres. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.

FONT, F.; HIDALGO, P. La Tapia em Espãna. Técnicas actuales y ejemplos. Informes de la construccion vol. 63, 253, 21-34. 2011.

GARZON, L. E.; NEVES, C. M. M. Investigar, formar, capacitar y transferir. Los grandes desafios de La Architectura y construcción com tierra. 2007.

GOLEBIOWSKI, J. Rammed Earth Architecture´s journey to the high hills of the satee and role as an early concrete.214p., 2009. Dissertação (Mestrado) Graduate Schools of Clemson University & The College of Charleston.

JOAQUIM, B. J. Cursos de curta duração em construção com terra em discussão.TerraBrasil 2010, Campo Grande. Anais... Campo Grande: UFMS-Rede TerraBrasil, 2010.

LABORATOIRE CRATERRE – ENSAG. Dossier de présentation du DSA-Architecture de terre / Disponível em: <http://craterre.org/enseignement:dsa-terre/> Acesso em 03 Dez. 2016.

MELLACE, R. F. Centro regional de investigaciones sobre arquitectura de tierra cruda, criatic. Actas del II Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. Madrid: Mairea Libros, 2003.

MOREIRA, S. V. Análise documental como método e como técnica. In: Jorge Duarte; Antonio Barros. (Org.). Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2005, v., p. 267-279.

NASCIMENTO, M. L. B. Análise documental e análise diplomática: perspectivas de interlocução de procedimentos. (Tese doutorado). Marilia: Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, 2009.

PARISI, R.; RODRIGUES, R.; HOFFMANN, M.V. Experiência de ensino de práticas vinculadas à arquitetura e construção com terra na disciplina de pós-graduação da PUC-Minas, Campus de Poços de Caldas. 2012, Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC -Rede TerraBrasil, 2012.

PIRATE - ECVET Earthbuilding Europe - Provide Instructions and Resources for Assessment and Training in Earthbuilding. PROJECT N°8117-LLP-1-2012-FR-LEONARDO-LMP. Disponível em: < http://pirate.greenbuildingtraining.eu/public/> Acesso em: 25 Dez. 2016.

PISANI, M.A. J. Taipas: a arquitetura de terra. Revista Sinergia, v. 5, n. 1, p. 09-15. São Paulo, 2004, p. 13.

PONTE, M. M.C. C. - Arquitetura de terra: o desenho para a durabilidade das construções. Coimbra, 2012. Disponível em: < http://hdl.handle.net/10316/23293> Acesso em: 03 Dez. 2016.

RAMOS, L. M.; GÁMEZ, D. R.; COSSÍO, F. V. Arquitectura y construcción com tierra. Tradición e Innovación. Boceguillas: Mairea, 2002.

ROTONDARO, R; MASCITTI, V. Capacitación teórico-práctica durante 20 años em Argentina. Experiencias educativas em la enseñanza de las arquitecturas de tierra. 2012, Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC -Rede TerraBrasil, 2012.

VERALDO, A. C. Análise do processo construtivo de taipa mecanizada: estudo de caso da sede do canteiro experimental da UFMS. Campo Grande, 2015.Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

177. EMPODERAR PARA TRANSFORMAR: UMA EXPERIÊNCIA NO SUL DO BRASIL

TIEPO, Cristiane[*1](cristianetiepo@yahoo.com.br); BRANDLI, Luciana Londero[1] (brandli@upf.br); KALIL, Rosa Maria Locatelli[1](kalil@upf.br);ROCHA, Vanessa Tibola da[1] (vanessat.rocha.arq@gmail.com)*

[1] Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

A sustentabilidade depende da transição de hábitos/comportamentos em ações sustentáveis, o que pode ser favorecidos pela implantação da Educação para a Sustentabilidade junto às comunidades. Desse modo, os stakeholders são indivíduos ‘‘chave’’ nesse processo de transformação na sociedade. No entanto, é necessário que os mesmos sintam-se motivados a participar (empoderamento). Por isso, o objetivo deste trabalho é relatar um estudo de caso realizado em 2015 em três cidades do Rio Grande do Sul (Santa Maria, Porto Alegre e Passo Fundo), visando promover a interação da universidade com a comunidade, através da capacitação em Educação para a Sustentabilidade, visando difundir a importância do empoderamento do cidadão. A pesquisa foi desenvolvida utilizando o método de pesquisa-ação e grupo focal para abordar assuntos relacionados à mobilidade urbana, resíduos sólidos, planejamento urbano sustentável, consumo consciente e energias alternativas. Os principais resultados foram obtidos através da elaboração de um documento final para cada grupo focal, chamado de “Carta Aberta”, onde os participantes identificam proposições de ações para melhoria da sustentabilidade local, mostrando assim seu empoderamento. Portanto, concluí-se que, a capacitação através da Educação para a Sustentabilidade, despertou nos participantes o interesse nas problemáticas locais e a motivação para propor soluções (“Carta Aberta”), sensibilizando-os quanto à importância da participação nos processos de tomada de decisão e, a necessidade de seu engajamento em ações individuais e coletivas para a sustentabilidade local.

Palavras-chave: Empoderamento; Educação para sustentabilidade; *Stakeholders*; Participação.

EMPOWERING TO TRANSFORM: AN EXPERIENCE IN THE SOUTH OF BRAZIL

ABSTRACT

Sustainability depends on the habits/behavior transition’s in sustainable actions, which may be favored by the implementation of Education for Sustainability in the communities. Thus, stakeholders are individuals “key” in the process of transformation in society. However, it is necessary for them to feel motivated to participate (empowerment). Therefore, the objective of this study is to report a case study conducted in 2015 in three cities of Rio Grande do Sul (Santa Maria, Porto Alegre and Passo Fundo) to promote interaction between the university and the community, through training in Education Sustainable, aiming to spread the importance of citizen empowerment. The research was conducted using the action research and focus group method to address issues related to urban mobility, solid waste, sustainable urban planning, conscious consumption and alternative energy. The main results were obtained through the elaboration of the focus group’s final document, called "Open Letter", where participants propose action to improve the local sustainability, thus demonstrating their empowerment. Therefore, the empowerment through education for sustainability, aroused the survey participants interest in local issues and motivation to propose

solutions ("Open Letter"), making them aware of the importance of participation in the processes of decision making and the need for their involvement in individual and collective actions of local sustainability.
Keywords: Empowerment; Sustainability education; Stakeholders; Participation.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade desafia estruturas, perspectivas e práticas predominantes na sociedade, pois sua implantação depende da cooperação entre diferentes setores, da formação de conexões, da abertura de fronteiras institucionais, da promoção do pensamento reflexivo, favorecendo assim o estabelecimento de comunidades sustentáveis. Desta forma, a Educação para a Sustentabilidade não é mais uma disciplina a ser adicionada aos currículos, mas sim um ponto inicial para novas perspectivas de reflexão, aprendizagem, vivências e participação (MOORE, 2005; TILBURY, 2011; O'BRIEN et al., 2013; DAVISON et al., 2014; TILBURY, 2014).

A transição para comportamentos e ações sustentáveis demanda um planejamento de amplo espectro de tempo, assim, a adoção da Educação para a Sustentabilidade como um processo dentro da comunidade pode facilitar a disseminação de boas práticas, repercutindo em transformações comportamentais e culturais (SACHS, 1993).

No entanto, o maior desafio é sensibilizar os atores sociais (*stakeholders*) a se fazerem presentes e participativos nestas iniciativas, atuando, discutindo, debatendo, questionando e interagindo. Pois, caso não haja este engajamento, a metodologia de aprendizagem participativa não surte efeito e, assim, os atores sociais não se tornam multiplicadores das boas práticas, pois, para isso é necessário sentir-se parte do processo (empoderamento) (ZANIN, 2013).

Como Shor, Freire (1987) afirmam, apesar do empoderamento não ser o suficiente para a mudança da sociedade como um todo, ele é imprescindível para a transformação social, uma vez que, quando um grupo sente-se empoderado, através de suas experiências e da construção de sua cultura, tende a reivindicar poder que permitirá transformar os padrões de dominação da sociedade.

2. OBJETIVO

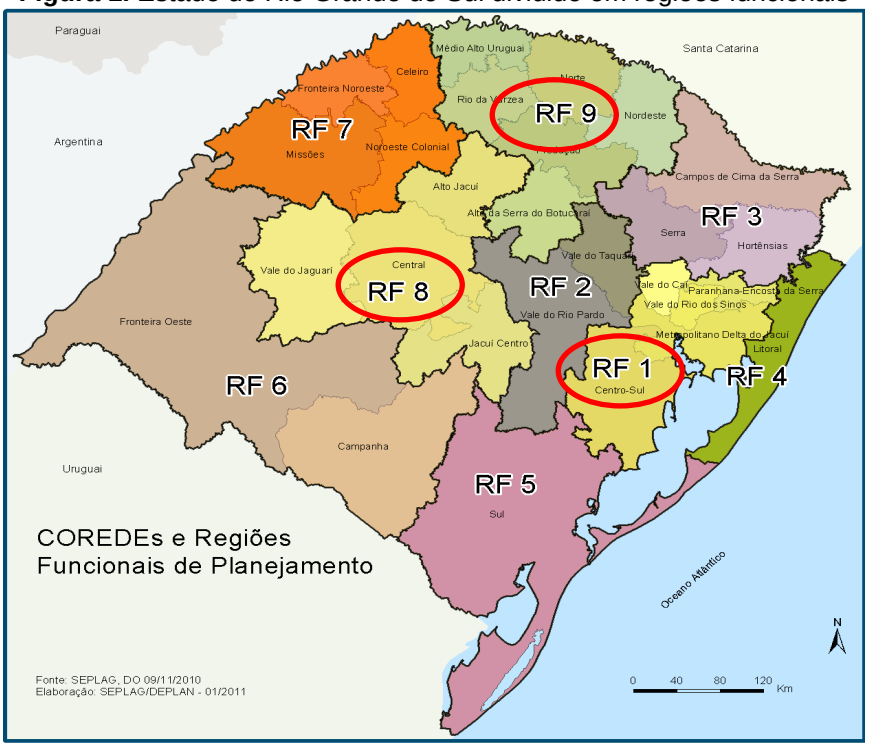
O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de uma pesquisa baseada na promoção da interação da universidade com a comunidade, através da capacitação em Educação para a Sustentabilidade, visando difundir a importância do "empoderamento" do cidadão para a transformação da sociedade na qual estão inseridos.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1. Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido no Estado do Rio Grande do Sul (RS), localizado na porção meridional do Brasil, fazendo divisa com o Uruguai e a Argentina, em sua parte sul e oeste; com o Oceano Atlântico na parte leste e, com o Estado de Santa Catarina ao norte (SEPLAG, 2014). Por sua diversidade, o Estado foi dividido em regiões funcionais de planejamento. Esta pesquisa está direcionada às cidades polo de Porto Alegre, Passo Fundo e Santa Maria, as quais representam, respectivamente, as regiões de planejamento 1, 8 e 9 (FIGURA 1), sendo polos regionais e, estando entre as maiores populações do Estado. Além disso, são sede de três Universidades integrantes do projeto "Pré-Requisitos para a Sustentabilidade dos Municípios do Rio Grande do Sul/Brasil", sendo elas: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade de Passo Fundo (UPF) e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), respectivamente.

Figura 1. Estado do Rio Grande do Sul dividido em regiões funcionais



Fonte: SEPLAG (2014)

3.2. Método

O método desenvolvido e aplicado por esta pesquisa está relacionado à pesquisa-ação, onde o participante é englobado no processo. Portanto, não possui uma unidade amostral estática, pois os stakeholders participam modificando os resultados ao longo da pesquisa (Engel, 2000; LOUREIRO, 2004; MANZATO; SANTOS, 2015; STAKE, 2000; TRIPP, 2005).

Para definir quem seriam os *stakeholders* locais foram realizadas reuniões prévias em cada cidade polo do estudo, totalizando 14 reuniões, englobando diferentes setores da sociedade como: Organizações Não Governamentais (ONGs); professores, funcionários e alunos universitários; servidores públicos municipais e estaduais; militares e, representantes do Poder Legislativo e Executivo. Nestas reuniões os participantes eram questionados sobre "quem" seriam os *stakeholders* locais. Assim, tanto os participantes das reuniões prévias quanto os *stakeholders* por eles indicados eram, então, convidados a ingressar na pesquisa. As atividades realizadas, em cada etapa da pesquisa, estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Quadro das etapas metodológicas e atividades da pesquisa

Etapa da pesquisa	Ações desenvolvidas
Identificação dos *stakeholders*	Reuniões nas cidades polo com diversas entidades; Formação de parcerias e indicação dos *stakeholders* a serem contatados;
Mobilização dos *stakeholders*	Formação de parcerias; Apresentação da pesquisa e convite à participação aos *stakeholders* indicados;
Capacitação dos *stakeholders*	Formação dos grupos focais: Reunião 1: apresentação de termos pertinentes à educação para sustentabilidade; Reunião 2: práticas individuais que contribuem para a sustentabilidade; Reunião 3: práticas sustentáveis ao nível de cidades;
Sensibilização dos *stakeholders*	Análise crítica dos *stakeholders* e elaboração da Carta Aberta, conforme adequações à realidade local.

Fonte: TIEPO (2016).

A partir da etapa de Mobilização as reuniões tinham uma duração média de duas horas cada uma, sendo que os locais de encontro foram definidos nesta etapa pelos próprios *stakeholders*, visando incentivar sua participação, sendo: Passo Fundo na área central da cidade junto ao Campus III da UPF devido fácil acesso; Santa Maria na Associação de Moradores do Bairro Campestre do Menino Deus, pois os participantes eram moradores locais e integrantes desta associação e, em Porto Alegre na ONG Solidariedade, já que todos os membros do grupo pertenciam à esta ONG.
Para a capacitação dos participantes da pesquisa foi necessário realizar reuniões expositivas, onde tanto os termos pertinentes à Educação para a Sustentabilidade, quanto exemplos práticos individuais e ao nível de cidades (TABELA 2) levantados por pesquisadores do PreSust-RS foram apresentados pela moderadora e a comoderadora da pesquisa, visando assim, sensibilizar os *stakeholders* da importância do empoderamento para a promoção de ações sustentáveis. As apresentações continham além de textos, imagens para facilitar o seu entendimento. Na sequência, o moderador fazia questionamentos a fim de promover o debate do material apresentado e, permitir que os participantes se manifestassem livremente.

Tabela 2. Práticas sustentáveis ao nível de cidades utilizadas na Capacitação

Eixos	Boas Práticas	
Planejamento Urbano	Políticas de adensamento urbano; Recuperação de áreas degradadas; Política de urbanismo verde;	Programa de construções com selo verde; IPTU Verde (São Carlos/SP); A implantação de Ecovilas;
Mobilidade Urbana	BRT (Curitiba); Tarifa Zero (Maricá/RJ); Calçadas Para Todos (Londrina);	Ciclovias (Buenos Aires); Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) – Bogotá;
Resíduos Sólidos	Projeto Câmbio Verde (Curitiba); Projeto Lixo que Vale (Umuarama/PR); Projeto Estações de Sustentabilidade (Curitiba);	Projeto Recicle Mais, Pague Menos (Canoas e São Leopoldo); Lixeiras Subterrâneas;
Energia	Agentes da Boa Energia (Espírito Santo); Produtores de energia (Alemanha);	Planta Solar Flutuante (Japão); Iluminação LED; Telhas Solares (Veneza).

Fonte: TIEPO (2016).

Estas práticas (TABELA 2) foram Na etapa de sensibilização, os participantes analisaram criticamente as práticas coletivas apresentadas (TABELA 2), a fim de propor ações para a sustentabilidade local, compondo o documento “Carta Aberta”. Tanto na capacitação como na sensibilização dos *stakeholders* foi utilizada a ferramenta chamada de “grupo focal” para a discussão sobre temas e problemas de impacto local (BARBOUR, 2009; ROMÉRO; VIANNA, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização de cada grupo focal

Como a pesquisa transcorreu em três cidades polo (Passo Fundo, Santa Maria e Porto Alegre) foram formados três grupos, sendo um para cada cidade de estudo. A caracterização do grupo focal está representada na Tabela 3, conforme gênero, idade e escolaridade.

Tabela 3. Caracterização dos grupos focais, quanto ao gênero, escolaridade e faixa etária dos participantes

Passo Fundo																
Sexo		**Faixa Etária**					**Escolaridade**									
Feminino	Masculino	0 - 15	16 - 30	31 - 45	46 - 60	61 - 75	Fundamental Incompleto	Fundamental Completo	Médio	Técnico	Superior Incompleto	Superior Completo	Mestrado Incompleto	Mestrado Completo	Doutorado	
2	2	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	1	1	1	1	
Santa Maria																
Sexo		**Faixa Etária**					**Escolaridade**									
Feminino	Masculino	0 - 15	16 - 30	31 - 45	46 - 60	61 - 75	Fundamental Incompleto	Fundamental Completo	Médio	Técnico	Superior Incompleto	Superior Completo	Mestrado Incompleto	Mestrado Completo	Doutorado	
8*	1	-	2	1	5	1	2	-	5	-	1	-	-	-	-	
Porto Alegre																
Sexo		**Faixa Etária**					**Escolaridade**									
Feminino	Masculino	0 - 15	16 - 30	31 - 45	46 - 60	61 - 75	Fundamental Incompleto	Fundamental Completo	Médio	Técnico	Superior Incompleto	Superior Completo	Mestrado Incompleto	Mestrado Completo	Doutorado	
1	4	-	-	-	3	2	1	1	-	2	1	-	-	-	-	

Fonte: TIEPO (2016).

** uma das participantes não informou sua escolaridade*

Analisando a Tabela 3 identifica-se que no grupo focal de Santa Maria houve uma predominância de participantes do sexo feminino. Isso é importante, pois a Agenda 2030, afirma que será necessário promover o empoderamento das mulheres em todos os níveis para atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável (NAÇÕES UNIDAS, 2016). Enquanto em Porto Alegre havia um predomínio masculino. Quanto à faixa etária, a maioria dos participantes, tanto em Porto Alegre como em Santa Maria, enquadrava-se entre 46 – 60 anos. No critério escolaridade, o grupo focal de Passo Fundo destacou-se, pois todos os integrantes possuíam ensino superior, a maioria relacionada às áreas de Ciências Naturais, tendo duas Biólogas e um Doutor em Biologia.

4.2. Carta aberta

A fim de promover o empoderamento dos participantes da pesquisa, os mesmos deveriam debater as ações apresentadas ao nível de cidades (TABELA 2), analisando-as e selecionando as que seriam importantes para implantação local ("Carta Aberta"). Essa ação é importante, pois a análise de quadros locais deve facilitar a elaboração de políticas mais eficazes de desenvolvimento sustentável (NAÇÕES UNIDAS, 2016).

As proposições do grupo focal de Passo Fundo (TABELA 4) priorizaram ações/projetos de implantação de médio a longo prazo, com tecnologia elaborada, dependentes de maior suporte financeiro. Supõe-se que esta seleção esteja relacionada ao nível maior de escolaridade do grupo.

Tabela 4. Síntese da "Carta Aberta" do grupo focal de Passo Fundo, subdividida conforme eixo temático

Mobilidade Urbana
Qualificação do transporte coletivo para torná-lo mais atrativo e favorecer seu uso; Viabilizar o transporte interurbano reduzindo o número de veículos que sobrecarregam a área central;
Resíduos Sólidos
Implantação da Coleta seletiva em todo o perímetro urbano ao uma vez por semana nos bairros;
Energia
Incentivo à produção de energia, no próprio domicílio (sol, vento), através da Lei do IPTU Verde;
Planejamento Urbano
Criação da Política do Urbanismo Verde focada na arborização urbana com estabelecimento de corredores de vegetação ligando praças e parques municipais; Inserção da Certificação LEED na construção civil por ser um dos setores mais importantes da cidade; Criação de programa de recuperação das áreas degradadas do Rio Passo Fundo, reduzindo o risco de enchentes e melhorando a qualidade dos recursos hídricos que abastecem outras regiões do Estado.

Fonte: TIEPO (2016).

O grupo focal de Santa Maria demonstrou maior interesse pelo eixo temático de planejamento urbano (TABELA 5), priorizando práticas de implantação simples, que demandariam menor aporte de recursos financeiros, possibilitando sua implantação a curto e médio prazo.

Tabela 5. Síntese da "Carta Aberta" do grupo focal de Santa Maria, subdividida conforme eixo

Mobilidade Urbana
Melhoria do transporte coletivo com maior oferta de itinerários "bairro-centro"; Construção de uma ciclovia na barragem do Campestre para lazer dos moradores;
Resíduos Sólidos
Implantação do Câmbio Verde para trocar os materiais recicláveis por moedas verdes; Campanha Recicle Mais Pague Menos, reduzindo o valor da conta de luz.
Energia
Substituição das lâmpadas convencionais por lâmpadas de LED na iluminação pública;
Planejamento Urbano
Promoção do adensamento urbano formando microcentros de prestação de serviços e comércio; Promover o cultivo de hortas e pomares comunitários, usando espécies nativas inclusive na arborização; Criação da Lei do IPTU Verde, promovendo sustentabilidade pela adequação de edificações.

Fonte: TIEPO (2016).

A "Carta Aberta" de Porto Alegre teve como foco principal o eixo energia (TABELA 6), pois havia dois técnicos no grupo focal (eletrônica e telecomunicações). As ações priorizadas foram consideradas pelo grupo como viáveis, nas quais os cidadãos poderiam intervir de forma direta.

Tabela 6. Síntese da "Carta Aberta" do grupo focal de Porto Alegre, subdividida conforme eixo

Mobilidade Urbana
Padronização das calçadas voltada à acessibilidade universal, assim a ONG Solidariedade forneceria tanto a matéria-prima como a mão de obra;
Resíduos Sólidos
Implantação do "Câmbio Verde" para trocar os materiais recicláveis por moedas verdes usadas na aquisição de frutas e verduras; Campanha Recicle Mais Pague Menos para redução no valor da conta de luz.
Energia
Incentivo à Produção de Energia nos telhados das residências através da criação da Lei do IPTU Verde; Substituição das lâmpadas convencionais por lâmpadas LED, reduzindo gastos nas contas de energia elétrica, permitindo maior visibilidade nos espaços públicos à noite; Implantação da rede elétrica subterrânea, reduzindo riscos de acidentes, furtos, poluição visual, favorecendo a implantação da arborização urbana, sendo exemplo para as demais cidades do Estado.
Planejamento Urbano
Criação da Lei do IPTU Verde por ser de fácil implantação a curto prazo; Instituição de um Selo Verde para a construção civil, pois a médio e longo prazo, traria a valoração econômica e sustentabilidade às edificações porto alegrenses; Implantação da agricultura urbana por meio de hortas e pomares comunitários nos terrenos baldios e espaços públicos, priorizando o uso de espécies nativas, inclusive na arborização urbana.

Fonte: TIEPO (2016).

As proposições das "Cartas Abertas" demonstram que as cidades sustentáveis devem focar no transporte público de qualidade, na densificação das áreas urbanas formando micro centros, no aumento das áreas verdes (corredores de arborização, pomares e hortas comunitárias) e, na regulamentação e obrigatoriedade de práticas sustentáveis em construções.
Assim, as capacidades a nível comunitário devem ser identificadas e valorizadas através de projetos de Educação para a Sustentabilidade, pois a educação inclusiva criará oportunidades e facilitará a

participação dos empoderados na sociedade (NAÇÕES UNIDAS, 2016). Desta forma, supõe-se que capacidades de: liderança, iniciativa, pensamento crítico, reflexividade e, habilidade de trabalho em grupo, devem ser incentivadas de forma transversal em todos os setores da sociedade a fim de atingir os objetivos fixados na Agenda Global 2030.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento desta pesquisa nas cidades de estudo permite concluir que a busca da sustentabilidade nos espaços urbanos ainda é um desafio a ser superado. Isso porque, as cidades e suas estruturas são resultados de processos conjuntos da sociedade e, nesse sentido, o cidadão é fator primordial na organização do espaço urbano por meio de suas escolhas, ações e esforços. Por isso, o aumento da participação e inclusão da sociedade nos processos decisórios será fundamental para atingir esta meta.

Sendo assim, a principal conclusão da pesquisa é que a elaboração do documento “Carta Aberta” incentivou os participantes a propor soluções para as problemáticas locais, mostrando assim seu empoderamento, pois houve uma mudança na percepção dos indivíduos quanto à importância de suas ações para a sustentabilidade local. Além disso, alguns participantes relataram, inclusive, que adaptaram hábitos diários, a partir de sua inserção na pesquisa, o que permite concluir que os métodos utilizados foram eficientes na sensibilização em relação ao papel individual do cidadão na promoção da sustentabilidade.

Desse modo, a interação da universidade com a comunidade, através da capacitação em Educação para a Sustentabilidade, permitiu difundir a importância da participação do cidadão nos processos de tomada de decisão e, a necessidade de seu engajamento em ações individuais e coletivas de sustentabilidade local.

No início da pesquisa, a percepção da maioria dos indivíduos, quando questionados frente aos problemas do seu bairro mencionavam questões relacionadas à carência de infraestrutura ou prestação de serviços (gestão pública, entidades privadas, entre outros). Ao final do processo de Capacitação ficou evidente que a maioria dos participantes (stakeholders) apresentou interesse em melhorar o meio urbano em que reside. Isso é importante, pois todos contribuem de forma direta e/ou indireta, através de seus impactos e ações, para o sucesso e para os problemas existentes nas cidades, sendo fundamentais para a implantação de práticas sustentáveis que trarão resiliência às cidades do futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOUR, Rosaline. Grupos focais. Porto Alegre: Artmed, 2009. 216 p.

DAVISON, Aidan; BROWN, Paul; PHARO, Emma; WARR, Kristin; MCGREGOR, Helen; TERKES, Sarah; BOYD, Davina; ABUODHA, Pamela. Distributed leadership Building capacity for interdisciplinary climate change teaching at four universities. International Journal of Sustainability in Higher Education. V. 15, n. 1, p. 98 – 110, 2014.

ENGEL, Guido Irineu. Pesquisa-ação. Educar. N. 16, p. 181-191, 2000.

LOUREIRO, Carlos Frederico B. Educar, participar e transformar em educação ambiental. Revista Brasileira de Educação Ambiental. Brasília. P. 13 – 20, 2004.

MANZATO, Antônio José; SANTOS, Adriana Barbosa. A Elaboração de Questionários na Pesquisa Quantitativa. Disponível em:

<http://www.inf.ufsc.br/~verav/Ensino_2012_1/ELABORACAO_QUESTIONARIOS_PESQUISA_QUANTITATIVA.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2015.

MOORE, Janet. Seven recommendations for creating sustainability education at the university level: A guide for change agents. International Journal of Sustainability in Higher Education. V. 6, n. 4, p. 326-339, 2005.

NAÇÕES UNIDAS. ONUBR – Nações Unidas no Brasil. URL. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 09 out. 2016.

O'BRIEN, Karen et al. You say you want a revolution? Transforming education and capacity building in response to global change. Environmental Science & Policy. V. 28, p. 48–59, 2013.

ROMÉRO, M. A.; VIANNA, N. S. Procedimentos metodológicos para aplicação de avaliação pós-ocupação em conjuntos habitacionais para a população de baixa renda: do desenho urbano à unidade habitacional. In: ABIKO, A. K.; ORNSTEIN, S. W. (Eds.). Inserção Urbana e Avaliação pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social. São Paulo: FAUUSP, 2002. P. 211 – 241.

SACHS, Ignacy. Estratégias de transição para o Século XXI: Desenvolvimento e Meio Ambiente. São Paulo: Studio Nobel/Fundação do Desenvolvimento Administrativo (FUNDAP), 1993. 103 p.

SEPLAG. Disponível em: <http://www1.seplag.rs.gov.br/atlas/>. Acesso em: 04 nov. 2014.

SHOR, I.; FREIRE, P. Medo e Ousadia: O Cotidiano do Professor. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986. 116 p.

STAKE, R. E. Case Studies. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.). Handbook of Qualitative Research. 2. ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc., p. 134-164, 2000. Disponível em: <https://mjcoonkitt.wordpress.com/2012/10/31/stake-2000-case-studies/>. Acesso em: 18 jun. 2016.

TIEPO, Cristiane. Educação para Sustentabilidade e Construção de Capacidades nas Cidades do Rio Grande Do Sul. Passo Fundo, 227 p., 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Passo Fundo.

TILBURY, Daniella. Education for Sustainable Development: An Expert Review of Processes and Learning. Paris: UNESCO, 2011. 132 p.

TILBURY, Daniella. Higher Education for Sustainability: A Global Overview of Commitment and Progress. Disponível em: <http://insight.glos.ac.uk/sustainability/education/documents/guni%20he%20in%20the%20world%204%20he's%20committment%20to%20sus.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2014.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Educação e Pesquisa, São Paulo. V. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

ZANIN, Gisele Stella. Educação Ambiental na escola pública: Estudo de caso da Escola de Ensino Médio Pe. Antônio Serraglio. In: FOSCHIERA, Elisabeth M.; TEDESCO, Carla D. (Orgs.). Educação para o cuidado: os múltiplos olhares da Educação Socioambiental. Rio de Janeiro: Editora Multifoco, 2013. p. 103 – 119.

AGRADECIMENTOS

À Capes pelo apoio a pesquisa, Edital PVE, Processo: 88881.068119/2014-01.

226. AÇÕES SUSTENTÁVEIS NA REFORMULAÇÃO DE ESPAÇOS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

MELO, Evanisa Fátima Reginato Quevedo[1] (evanisa@upf.br); DALLA LIBERA, Luise Tainá[1] (luise_tdl@hotmail.com); MARSIGLIO, Isadora Roman[1] (isadora.roman@hotmail.com); BORTONCELLO, Laura[1](laura.bortoncello@hotmail.com)*
[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O reaproveitamento de materiais se faz indispensável ao reconhecer o modelo tecnológico e industrial vigente na sociedade, valorizando o consumo e consequentemente a geração de resíduos, considerando a necessidade de implantação de hábitos sustentáveis devido aos problemas ambientais. Os resíduos sólidos constituem uma preocupação cada vez maior, uma vez que demandam serviços públicos de coleta e disposição, que, se não forem adequados, degradam tanto o meio ambiente quanto a saúde da população. A educação ambiental visa conscientizar a população e mudar seus hábitos, a fim de inserir conhecimentos relacionados ao desenvolvimento sustentável para melhoria na qualidade de vida e preservação do ambiente. O trabalho de educação visa difundir as relações entre ambiente e comunidade e minimizar os efeitos degradantes no espaço. A pesquisa tem por objetivo trabalhar os conceitos de educação ambiental, reaproveitamento de resíduos e paisagismo produtivo com os alunos da Fundação Beneficente Lucas Araújo e a comunidade em Passo Fundo/RS. Foram utilizados materiais encontrados fora de uso para a construção de jardins e hortas verticais instalados na própria instituição, bem como oficinas de reaproveitamento de materiais para confecção de novos produtos. As atividades realizadas e seus resultados foram apresentados diretamente aos alunos e comunidade, promovendo a transformação dos espaços e dos produtos criados. Dessa forma sentem-se impulsionados a apoiar e concretizar mais projetos associados ao desenvolvimento sustentável, aliando-se à finalidade de promover um pensamento mais sustentável nas crianças que frequentam a Fundação, e, consequentemente, na comunidade, integrando-a à academia.
Palavras-chave: Sustentabilidade, reutilização, educação ambiental, preservação, conscientização.

SUSTAINABLE ACTIONS IN THE REMAKING OF SPACES AND ENVIRONMENTAL EDUCATION

ABSTRACT
Materials reuse makes itself indispensable when recognizing the present technological and industrial models in the society, valorizing consumption and, in consequence, residual generation, considering the necessity of implantation of sustainable habits because of environmental problems. Solid residuals are part of a growing preoccupation, once they demand public services of collection de disposal, which, if not adequate, degrade the environment and the population's health. Environmental education intends to raise awareness and change people's habits, in order to insert knowledge related in sustainable development to improve life quality and environmental preservation. Education has the purpose of diffusing the relations between the environment and the community and to reduce the degrading effects in spaces. The project developed in the Fundação Beneficente Lucas Araújo, in Passo Fundo/RS has the objective of working the concepts of

environmental education, reuse of waste and productive landscaping with the community, reusing materials out of use to build vertical gardens implanted in the institution and executing workshops of reuse of materials to the confection of new products. Activities and its results are shown directly to the students and community, which, seeing the transformation of spaces and the final products, feel boosted to support and materialize other projects associated to sustainable development, along with promoting sustainable ideas to the children that attend the institution, and, thereafter, in the community, interacting with the academy.
Keywords: Sustainability, reuse, environmental education, preservation, awareness.

1. INTRODUÇÃO

- A educação ambiental e o paisagismo produtivo caracterizam-se como importantes ferramentas para a formação de uma consciência socioambiental e consequentemente a transformação do quadro de degradação atual que conta com práticas tradicionais não sustentáveis. De acordo com a lei nº 9.795 (BRASIL, 1999), a educação ambiental define-se por

> Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

- Através das ações de educação ambiental, visa-se integrar a comunidade e reestruturar princípios de preservação ambiental e desenvolvimento sustentável. Estas práticas podem funcionar como estratégias que visam envolver a população em torno de questões socioambientais, de modo a estimular a mudança de conduta, reorientação de hábitos, atitudes e de valores (SANTANA, 2008).
- Portanto, a atividade desenvolvida na Fundação Lucas Araújo, em Passo Fundo, RS, não somente contribui com o meio ambiente, como também proporciona aos alunos, funcionários, professores e a comunidade benefícios psicossociais. O projeto de paisagismo produtivo visa reestruturar o pátio escolar da instituição, principal espaço de socialização e lazer, tornando-o mais vivo e alegre através de ações em conjunto a comunidade.
- As atividades desenvolvidas, ao mesmo tempo que possuem função terapêutica e social, aliam tais práticas à sustentabilidade, que foi definida pela Comissão Brundtland, em 1987, como “Desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades”, atuante nas esferas econômica, social e ambiental (MENDES, 2014). A sustentabilidade é um conceito trabalhado no desenvolvimento das atividades de educação ambiental na instituição. Apesar de, segundo Mendes (2014), esse conceito ser aplicado em todos os contextos, ele necessita ser esclarecido a fim de tornar o trabalho de conscientização mais efetivo.
- Dentro da educação a sustentabilidade e o espaço sustentável estabelecem relações de cuidado entre os seres humanos, a natureza e o ambiente. Através dessas ações sustentáveis, os educandos aprendem, pensam e agem para projetar e construir o presente e o futuro com criatividade, inclusão e respeito ao homem e ao meio ambiente.
- Ao consumir produtos cotidianamente, realiza-se, por consequência, o descarte de embalagens e restos dos produtos, considerados em conjunto como resíduos. Considerando

que o consumo é crescente, pelo surgimento de novas tecnologias, pela expansão da construção civil e da indústria, manifesta-se um progressivo descarte de produtos antigos (TONATO; SAIANI; DOURADO, 2014). O fato, no país, quanto aos resíduos sólidos, segundo Tonato, Saiani e Dourado (2014) é caracterizado pelo desafio significativo devido à necessidade de investimentos por parte dos municípios, escassez de recursos humanos e demais custos de implantação de infraestrutura e equipamentos. “Nos últimos 11 anos, o aumento da geração de lixo no país foi muito maior do que o crescimento populacional. De 2003 a 2014, a geração de lixo cresceu 29%, enquanto a taxa de crescimento populacional foi de 6%” (Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2014). Em conformidade com estudos ambientais atualmente realizados e com as políticas públicas adotadas pelo governo, pode-se concluir que ao diminuir o descarte de resíduos sólidos e promover o reaproveitamento dos mesmos, essas ações práticas e pontuais transformam de forma imediata a relação da população com os resíduos.

- Gera-se resíduos que diferem quanto à natureza, origem, tipo de material, toxicidade e periculosidade e que, portanto, requerem disposição adequada para evitar a contaminação do ambiente. É realidade no Brasil uma série de problemas relacionados aos resíduos sólidos, desde a falta de coleta até a disposição inadequada. Além dos baixos índices de coleta seletiva e da baixa quantidade coletada em relação aos resíduos gerados, a reciclagem e recuperação de materiais, compostagem e outras tecnologias também são demasiado moderadas (TONATO; SAIANI; DOURADO, 2014). Por isso, surge, em 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, através da qual a sociedade passa a ser responsabilizada de modo compartilhado pela gestão adequada dos resíduos sólidos. Ou seja, a partir dessa política, vê-se a necessidade de cada pessoa modificar seus hábitos a fim de contribuir para solucionar as problemáticas dos resíduos sólidos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente,

> Segundo dados de 2008 divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB, 99,96% dos municípios brasileiros têm serviços de manejo de Resíduos Sólidos, mas 50,75% deles dispõem seus resíduos em vazadouros; 22,54% em aterros controlados; 27,68% em aterros sanitários. Esses mesmos dados apontam que 3,79% dos municípios têm unidade de compostagem de resíduos orgânicos; 11,56% têm unidade de triagem de resíduos recicláveis; e 0,61% têm unidade de tratamento por incineração. A prática desse descarte inadequado provoca sérias e danosas consequências à saúde pública e ao meio ambiente e associa-se a triste quadro socioeconômico de um grande número de famílias que, excluídas socialmente, sobrevivem dos ‘lixões’ de onde retiram os materiais recicláveis que comercializam.

- De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, os instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos ajudariam o país a reciclar vinte por cento dos resíduos no ano de dois mil e quinze. Fundamentando-se nesses dados e relacionando às atividades desenvolvidas na academia, percebe-se a necessidade de trabalhar os conceitos de sustentabilidade e

reaproveitamento de resíduos diretamente com a comunidade, justificando-se assim as atividades realizadas na Fundação Beneficente Lucas Araújo.

De acordo com Reigota (2010), “um dos principais aspectos pedagógicos da Educação Ambiental é justamente o diálogo entre indivíduos em posições diferenciadas no processo e abertos ao ‘outro’, ao diferente, aos seus conhecimentos, representações, questionamentos e possibilidades” definindo, portanto, que o processo de educação ambiental deve ser realizado além das atividades práticas, mas em conversas e discussões pedagógicas a fim de melhor desenvolver as opiniões e críticas dos alunos e refletindo nos acadêmicos e professores do projeto.
A natureza compõe o espaço geográfico e é transformada em recurso com a valorização do espaço e uso do território e, pela exploração justifica-se o contato decrescente entre as pessoas, sua vida e os espaços verdes, culminando numa queda na qualidade de vida. “Todas as idealizações da natureza, pelos habitantes da cidade, mostram uma dupla determinação, sendo ambas relacionadas à distância que a natureza (objeto a ser idealizado) está da vida cotidiana. De um lado, aqueles que estão mais próximos da natureza, que buscam a superação das dificuldades impostas por ela e, de outro, aqueles que habitam lugares altamente tecnificados, longe da natureza e de suas limitações, mas que alimentam o sonho e o desejo da proximidade com a natureza” (WENDEL, 2009). Assim fundamenta-se o trabalho de paisagismo produtivo com os alunos da Instituição, permitindo apropriar-se de pequenos espaços para o cultivo de espécies alimentícias, olfativas ou simplesmente para entravar as relações entre a população e a natureza.

2. OBJETIVO

Considerando o crescente descarte de resíduos, além de sua realização de forma inadequada, os problemas ambientais gerados como consequência e o limitado contato entre as pessoas que habitam centros urbanos com a natureza, necessitam de ações educativas para mudar essa realidade, inserindo na comunidade novos hábitos, relacionados à sustentabilidade e à conscientização.
Neste contexto a pesquisa tem por objetivo trabalhar os conceitos de educação ambiental, reaproveitamento de resíduos e paisagismo produtivo com os alunos da Instituição beneficente Lucas Araújo e a comunidade de forma prática inserindo novos hábitos voltados a sustentabilidade.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Com a finalidade de remodelar o pátio escolar da Instituição Beneficente Lucas Araújo na cidade de Passo Fundo, “Lar da Menina e Creche João Busato” ao norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, buscou-se identificar as principais necessidades e os desejos dos envolvidos partindo de um questionário aplicado para os alunos, aprovados no Comitê de Ética da Universidade de Passo Fundo com o protocolo: 44873615.1.0000.5342.
Os alunos responderam a questões sobre a situação atual do pátio escolar e se já tinham contato com atividades de paisagismo produtivo. Nos resultados apresentados os alunos evidenciaram o desejo de que o pátio escolar oferecesse mais vida e cor. Com isso, por meio de um planejamento, para implantação e manutenção de sistemas produtivos, sem causar impactos negativos ambientais e sociais, foram planejadas atividades que poderiam ser postas em prática de forma que os desejos dos usuários fossem satisfeitos, aliando-se aos princípios de sustentabilidade e paisagismo produtivo.
Para dar início às modificações no pátio escolar, primeiramente foi realizado um levantamento na Instituição Beneficente Lucas Araújo “Lar da Menina e Creche João Busato”, separando os materiais encontrados adequados para serem aproveitados na confecção de um jardim vertical.

Como segundo passo, foi efetuado o estudo do local onde ocorreria a instalação do jardim considerando a facilidade do acesso e manuseio por parte das crianças (sete a dez anos de idade) e após, definido o público para execução. Logo, a fachada principal da Creche João Busato, que faz parte da infraestrutura da instituição, foi escolhida para a colocação da estrutura do jardim. Desse modo a fachada, que apresentava aspecto degradado, passou por procedimentos de limpeza e reparos, bem como uma pintura adequada, realizados pelos acadêmicos e funcionários da Fundação.

Posteriormente, os acadêmicos bolsistas projetaram a proposta de intervenção. Para a produção do jardim foram utilizadas grades antigas que anteriormente integravam as janelas do edifício da instituição e pallets, em desuso, que foram reparados para compor a estrutura. A restauração, realizada pelos acadêmicos, divide-se em duas fases a de limpeza e a pintura das estruturas. Para a pintura foram escolhidas cores vibrantes, considerando o que foi relatado no questionário aplicado com as crianças, que gostariam de ver o pátio mais colorido. A partir dos princípios de educação ambiental, que conscientiza os alunos da importância do reuso de resíduos para compor novos produtos, o projeto visa o reaproveitamento de materiais, de forma que se reduza a quantidade de resíduos sólidos descartados pela população.

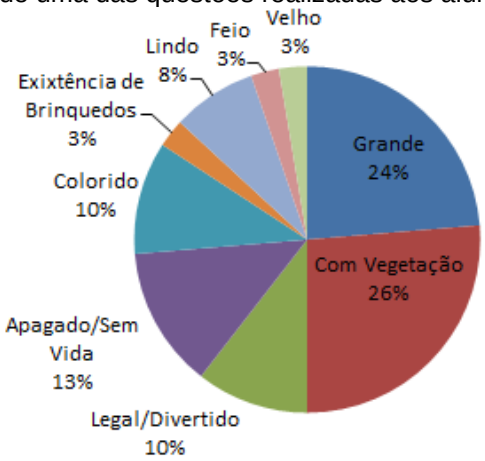
As grades e pallets foram previamente lixados e pintados para a reutilização, posteriormente sendo fixadas na fachada da Creche. Mudas de olerícolas, medicinais e ornamentais foram as espécies selecionadas para o plantio, as quais foram plantadas em garrafas PET arrecadadas através de uma campanha de conscientização em parceria com instituições públicas e privadas que organizam eventos. A campanha propôs reaproveitar os resíduos que seriam descartados, dando a eles um novo destino. As garrafas PET foram devidamente higienizadas, cortadas e preparadas com uma mistura de substrato composto por solo, húmus e fertilizante para receber as mudas.

Por último, após a preparação da estrutura do jardim, realizada pelos acadêmicos e professores do projeto, o plantio foi realizado manualmente pelas crianças sendo repassada a elas a responsabilidade e a importância do plantio, cultivo e colheita.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

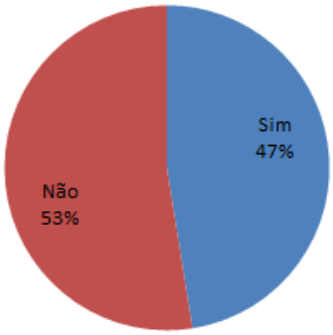
Considerando a análise dos questionários e avaliando os resultados de algumas das questões representadas pelas Figuras 1 e 2 foram realizadas as atividades de forma a atender as expectativas dos alunos e funcionários da instituição.

Figura 1. Resultado de uma das questões realizadas aos alunos: Descreva como é seu pátio.



As crianças percebem que o pátio tem potenciais, como o espaço e a vegetação existente, porém 13% o consideram sem vida.

Figura 2. Resultado de uma das questões realizadas aos alunos: Você já plantou uma árvore?



Praticamente metade das crianças não têm contato direto com atividades de paisagismo produtivo e pouco contato com a natureza.

Com a realização das atividades de reformulação do pátio observou-se uma alteração significativa na paisagem do pátio, como demonstrado nas Figuras 3 e 4. Permitiu-se assim que os alunos se aproximassem às etapas de plantio, cultivo e colheita, e se envolvessem com técnicas sustentáveis de reaproveitamento de materiais de descarte, despertando então a consciência e sensibilização de educação ambiental. Atinge-se também o objetivo de, a partir do projeto de paisagismo produtivo no ambiente escolar, desenvolver a capacidade do trabalho em equipe e da cooperação e proporcionar um maior contato com a natureza, já que crianças dos centros urbanos estão cada vez mais afastadas do contato com a natureza (CRIBB, 2010).

Figura 3. Fachada da Creche João Busato antes das atividades de educação ambiental desenvolvidas.



Figura 4. Fachada da Creche João Busato após as atividades de educação ambiental desenvolvidas.



Anteriormente, o pátio não estimulava as crianças educacionalmente, compondo um espaço degradado e frio e não contribuía com os quatro aspectos fundamentais citados por Fedrizzi (1999)

em acordo com o processo educativo: redução do estresse, colaboração com as atividades infantis, diminuição da desorganização infantil e propiciar situações de aprendizagem.
O jardim vertical também é considerado estímulo para as crianças ao consumo de hortaliças e frutas, pois são os frutos do próprio trabalho dos alunos, possibilitando a colheita, ilustrada na Figura 5: através da educação ambiental se propicia o aumento de conhecimentos, mudança de valores e aperfeiçoamento de habilidades, condições básicas para estimular maior integração e harmonia dos indivíduos com o meio ambiente (PÁDUA e TABANEZ, 1998).

Figura 5. Realização da colheita com as crianças da Instituição Beneficente Lucas Araújo, os acadêmicos e professores do Projeto de Paisagismo Produtivo e Educação Ambiental.



As atividades de reformulação do pátio e conscientização das crianças refletiram diretamente na mudança de comportamento das mesmas. Anteriormente elas apresentavam agitação, entretanto, com as mudanças realizadas, uma sensação de calmaria se faz presente, colaborando com a produtividade e socialização entre os que ali se encontram, surgiu também o comprometimento dos alunos quanto à valorização do pátio escolar e à preservação da natureza no entorno das dependências da instituição.
A partir das ações de educação ambiental permite-se o entrosamento e a integração entre os acadêmicos e profissionais responsáveis pelo projeto, desencadeando novos conhecimentos e experiências que agregam valor na formação do indivíduo. Nesse contexto, segundo Reigota (1998), a educação ambiental aponta para propostas pedagógicas centradas na conscientização, mudança de comportamento, desenvolvimento de competências, capacidade de avaliação e participação dos educandos. A partir da transformação da educação, converte-se o modo de pensar da comunidade.
Os novos conhecimentos adquiridos pelas crianças são transmitidos à comunidade, permitindo a reorientação de hábitos: o que os alunos aprendem no eixo de sustentabilidade e reaproveitamento de materiais é repassado aos pais e responsáveis, auxiliando, portanto, no desenvolvimento da consciência sobre as problemáticas vivenciadas no meio ambiente atualmente e a adoção de um estilo de vida menos impactante para com a natureza.

5. CONCLUSÃO

O paisagismo produtivo e a educação ambiental permitiram a mudança de hábitos dos alunos da Fundação Lucas Araújo e da comunidade diretamente relacionada.

Demonstrando que a reciclagem de resíduos e a transformação em outros produtos foram possíveis pelas ações sustentáveis, que podem ser utilizadas para reformulação de espaços, tornando o ambiente com maior qualidade.
Com a implantação do jardim vertical e as outras modificações realizadas no pátio da Instituição, percebe-se a influência direta no comportamento das crianças, respeitando a intenção primordial de poder proporcionar aos usuários um espaço mais agradável, de convivência e cooperação, conscientizando-os pela questão ambiental, reutilizando materiais que seriam descartados e incentivando o paisagismo produtivo, à importância do plantio e do cultivo que depois podem se converter em alimentos ou simplesmente espaços mais belos e naturais, contribuindo para uma transformação social e a sustentabilidade ambiental.
Identifica-se que com ações simples de educação ambiental é possível desenvolver atitudes sustentáveis de forma a minimizar os impactos, reaproveitando materiais que seriam descartados como resíduos e que, dessa forma, podem ter novo uso, tomando partido das questões ambientais trabalhadas no paisagismo produtivo, bem como permite a transferência de conhecimentos entre a academia e a comunidade, estreitando essa relação e transformando a comunidade, de forma a tomar consciência dos problemas ambientais e na contribuição para minimizá-los, através de práticas sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999. Disponível em <http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental>. Acesso em 20 de dez. de 2016.

CRIBB, S. L. S. P. Contribuições da Educação Ambiental e Horta Escolar na Promoção de Melhorias ao Ensino, à Saúde e ao Meio Ambiente. Centro Universitário Plínio Leite/Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu. Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente. REMPEC – Ensino, Saúde e Ambiente, v.3 n 1 p. 42-60. Abril, 2010.

FEDRIZZI, Beatriz. Paisagismo no pátio escolar. Porto Alegre: Editora da Universidade: UFRGS. 1999.

MENDES, José Fernando Gomes. O Futuro das Cidades. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. 128 p.

PÁDUA, S.; TABANEZ, M. (orgs.). Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil. São Paulo: Ipê, 1998.

REIGOTA, M. A Educação Ambiental frente aos desafios apresentados pelos discursos contemporâneos sobre a natureza. Revista Educação e Pesquisa, São Paulo, v.36, n.2, p. 539-553, 2010.

REIGOTA, M. Desafios à educação ambiental escolar. In: JACOBI, P. et al. (orgs.). Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências. São Paulo: SMA, 1998. p.43-50.

SANTANA, A. C. Educação ambiental e as empresas: um caminho para a sustentabilidade. Revista Educação Ambiental em Ação, São Paulo, n. 24, jun / 2008. ISSN 1678-0771. Acesso em: 18 de ago. de 2016. Disponível em: < http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=573&class=02>

TONETO, Rudinei Júnior; SAIANI, Carlos César Santejo; DOURADO, Juscelino (orgs.). Resíduos sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da lei federal nº 12.305 (lei de resíduos sólidos). Barueri: Manole, 2014. 452 p.

WENDEL, Henrique. O direito à natureza na cidade. Salvador: EDUFBA, 2009. 186p.

312. SUSTENTABILIDADE E AGRICULTURA FAMILIAR: O DILEMA DA SUCESSÃO INTERGERACIONAL NO OESTE CATARINENSE

COLETTI, Tomé (tomecoletti@gmail.com);
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Brasil.

RESUMO
A preocupação com a sustentabilidade tem mobilizado a sociedade mundial nas últimas décadas. No espaço rural brasileiro, junto ao debate da sustentabilidade, emergiu na discussão do desenvolvimento a temática da agricultura familiar enquanto modelo mais sustentável de fazer agricultura. Este trabalho tem por objetivo apresentar como o tema da agricultura familiar no oeste catarinense se relaciona com as discussões em torno da sustentabilidade, com destaque para a questão da reprodução intergeracional das unidades de produção familiar. A pesquisa classifica-se como descritiva com abordagem qualitativa. Os sujeitos pesquisados foram 54 jovens a partir de dados de aplicação de questionário, no âmbito do Projeto Fortalecimento da Juventude Rural no Oeste Catarinense e de relatos de trabalhos de grupos destes jovens nas atividades do projeto. Os dados da pesquisa entre os jovens apontam para a necessidade de reconhecimento da agricultura familiar pelos poderes públicos e pela sociedade em geral e, o reconhecimento dos jovens pelos pais e seus familiares. A maioria demonstra o desejo de permanecer na atividade rural, apontam o desejo de continuarem estudando, veem a saída da juventude do campo relacionadas a falta de políticas públicas e a infra-estrutura precária das localidades. Entre as jovens o tipo de trabalho rural é ainda determinante para a saída. A questão da renda não exerce mais a mesma pressão pela saída, mas relacionada a questão do trabalho e reconhecimento, ainda é um fator de peso. A sucessão passa cada vez mais pelo jovem estar motivado a ficar, ser incentivado, ter reconhecimento dos pais e da família, a profissão de agricultor ser reconhecida socialmente e, haver renda, infra-estrutura, acesso as políticas públicas e qualidade de vida no meio rural.
Palavras-chave: sustentabilidade, agricultura familiar, juventude rural.

SUSTAINABILITY AND FAMILY AGRICULTURE: THE DILEMMA OF INTERGERATIONAL SUCCESSION IN THE WEST CATARINAN

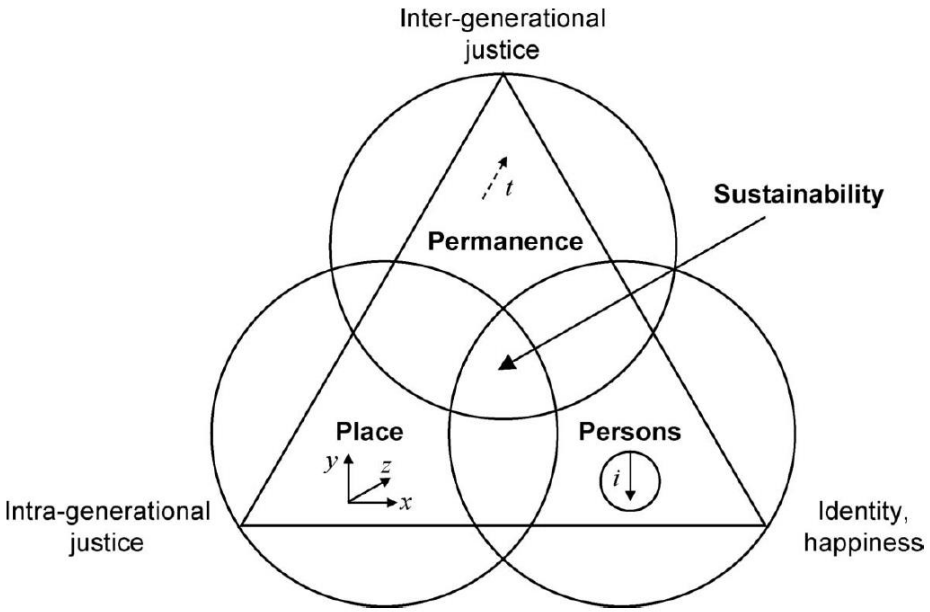
SUMMARY
Concern for sustainability has mobilized world society in recent decades. In the Brazilian rural area, along with the sustainability debate, the theme of family farming emerged as the most sustainable model of agriculture in the discussion of development. This paper aims to present how the theme of family agriculture in the west of Santa Catarina relates to discussions about sustainability, with emphasis on the question of the intergenerational reproduction of family production units. The research is classified as descriptive with a qualitative approach. The subjects surveyed were 54 young people from questionnaire application data, within the scope of the Project for Strengthening Rural Youth in the West of Santa Catarina and reports of the work of groups of these young people in the project activities. Research data among young people point to the need to recognize family agriculture by public authorities and society in general, and the recognition of young people by parents and their families. Most show their desire to remain in rural activity, they point to the desire to continue studying, they see the youth leave the countryside related to the lack of public policies and the precarious infrastructure of the localities. Among young women the type of rural work is still determinant for leaving. The issue of income no longer exerts the same pressure on the exit, but

related to the issue of work and recognition, is still a factor of weight. Succession is increasingly motivated by the youth to stay, be encouraged, have recognition of parents and family, the profession of farmer to be socially recognized, and there is income, infrastructure, access to public policies and quality of life in the environment rural.
Keywords: sustainability, family agriculture, rural youth.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a sustentabilidade tem mobilizado a sociedade mundial nas últimas décadas. Trazida para o debate a partir do relatório de Brundtland (1987) e depois pela Rio 92, teve em sua origem o objetivo de orientar as políticas públicas, visando atender as necessidades presentes sem comprometer os recursos para as gerações futuras (BRUNDTLAND, 1987). Fundamenta-se em três bases: econômica, social e ambiental. Seghezzo (2009) afirma ser está visão, antropocêntrica, por, em suas proposições, compreender que as questões da sustentabilidade seriam garantidas, em sua relação entre a sociedade e o meio ambiente, pela mediação da economia. Ou seja, a preocupação central é o homem e suas necessidades.
Existem hoje mais de cem conceitos de sustentabilidade (BERARDI, 2013) fruto do debate do tema e do modismo que o mesmo se tornou. Portanto no “guarda chuva” sustentável cabe quase tudo. Seguezzo (2014) aponta para a necessidade de um novo quadro conceitual para abordar questões de sustentabilidade. Para o autor é necessário debater o tema a partir dos aspectos territoriais, temporais e pessoais de desenvolvimento. Para ele a Sustentabilidade poderia ser mais bem compreendida em termos de “Place” (Local, Região) que contém as três dimensões do espaço (econômica, social e ambiental), a “permanência” como quarta dimensão - a dimensão do tempo, e a categoria de “pessoas” representando uma quinta dimensão - a dimensão humana. Estas 5 dimensões são visualizadas na figura 1.
O triangulo proposto por Seguezzo (2014). Figura 1, leva em conta três aspectos: territorial, temporal e pessoal. Um em cada vértice do triangulo. A base do triangulo é representado pelo presente do local e das pessoas, objetivos concretos do hoje, do tempo presente. A permanência no canto superior (mais distante) trata de uma projeção, abstrata e subjetiva dos outros cantos para o futuro. Para o autor o lugar, primeira vértice do triangulo, fornece uma parte importante do sentido de pertença e de identidade, são mais do que espaços geográficos vazios, são fontes de fatos, identidades e comportamentos. Lugar é uma construção social que ajuda as pessoas a construir um sentimento de pertença a uma dada cultura. Já a permanência, para além das condições presentes, inclui modificações e melhorias para o futuro, é a dimensão do tempo e do planejamento e a consideração dos efeitos futuros de ações e omissões de hoje são fundamentais. Na quinta dimensão, a das pessoas, é a dimensão da felicidade, na sua justificativa para a inclusão desta dimensão, Seguezzo (2014) aponta que os conceitos de justiça e equidade, embora essenciais para construir um mundo mais sustentável, provavelmente não são abrangentes o suficiente para conter uma série de aspectos mais pessoais. Todos nós podemos ser iguais e ter o mesmo acesso a bens e serviços, mas também podemos ser todos igualmente infelizes. Citando Dresner (2002), afirma que a infelicidade está relacionada em grande parte à impossibilidade de cumprir os desejos socialmente criados. Em contraste, felicidade e bem-estar pessoal têm sido associados com os aspectos da vida, como a "autonomia, liberdade, realização, bem como o desenvolvimento das relações interpessoais profundas" (KAHNEMAN; SUGDEN 2005, p. 176).

Figura 1. O novo triângulo da sustentabilidade



Seguezzo (2009)

O tema da sustentabilidade encontrou terreno fértil no debate do espaço rural ao longo das últimas décadas. Os temas do desenvolvimento rural e da sustentabilidade contribuíram com a construção do conceito de agricultura familiar e a sua visibilidade surgida durante a década de 1990. Os trabalhos de Veiga (1991), Abramovay (1992) e Lamarche (1993) foram pioneiros e deram novos rumos analíticos aos estudos agrários brasileiros, demonstrando que a agricultura familiar é uma forma social reconhecida e legitimada na maioria das economias desenvolvidas (FERRARI, 2003). A publicação do relatório FAO/INCRA (1994) com titulo: Diretrizes de política agrária e desenvolvimento sustentável forneceu uma tipologia das formas sociais de produção no meio rural brasileiro, demonstrou a importância da agricultura familiar na produção agropecuária e o potencial econômico e social para o desenvolvimento do rural brasileiro. Já no titulo deste trabalho é demonstrador da ligação entre o inicio do debate sobre o conceito de agricultura familiar com a preocupação com o desenvolvimento sustentável.

A emergência do conceito agricultura familiar motivado pelo tema da sustentabilidade na década de 1990, é necessário ser visto em um contexto histórico mais amplo: a transformação da sociedade agrária para a sociedade industrial. Este processo de mutação, a revolução burguesa, provocou a mudança de paradigma na produção agrícola. Sai-se de um sistema de produção tradicional passando para um novo paradigma: o produtivista. A mercantilização da produção agrícola, sua tecnificação através de maquinários, químicos e melhorias genéticas, são o contexto em que esta mudança acontece. Processo este, que ficou conhecido como “revolução verde”. De acordo com Costabeber (1998) é em resposta as consequências do paradigma produtivista que vai surgir no final do século passado o paradigma da sustentabilidade na produção agrícola. É frente ao desafio da sustentabilidade que a agricultura familiar torna-se um dos centros de referencia na construção de um novo paradigma.

No aspecto histórico a agricultura familiar mantém um conhecimento tácito dos modelos tradicionais de produção. Estes modelos pela longevidade históricas, são adaptados aos meios em que se

desenvolveram e se desenvolvem, possuem uma sustentabilidade intrínseca são modelos mais sustentáveis, do que o modelo produtivista implantado a partir da revolução verde. De acordo com Wanderlei (2016) as transformações provocadas pelo sistema atual provocam mudanças nas formas familiares de produção, mas “não produzem uma ruptura total e definitiva com as formas “anteriores”, gestando, antes, um agricultor portador de uma tradição camponesa”. É essa herança da cultura camponesa, que se reproduz atualmente, que é vista como uma das fontes da sustentabilidade das formas familiares de produção agropecuária.

Combinados o conjunto de políticas públicas e as estratégias de reprodução da agricultura familiar na região oeste de Santa Catarina (construção de novos sistemas de produção e/ou migração) resultou em uma realidade atual de um espaço rural com menos gente, envelhecimento e masculinização de sua população. Trazendo para o centro do debate a preocupação com a reprodução futura destas unidades de produção. Portanto a dimensão da sustentabilidade apontada por Seguezzo (2014) como da permanência se torna um dos temas de maior preocupação em relação a sustentabilidade do meio rural da região.

A sucessão das unidades da agricultura familiar é um tema que intriga pesquisadores, formuladores de políticas públicas e o conjunto dos movimentos sociais do campo. Este tema ganhou visibilidade nas últimas duas décadas a partir da intensificação do êxodo da juventude rural e, da revelação da mesma, do desejo de não permanecer trabalhando na agricultura. Um conjunto de trabalhos e estudos tem sido realizados e publicados nos últimos anos sobre o tema. Neste contexto os trabalhos realizados por Abramovay et al (1998), Silvestro (2001), Stropassola (2002) no oeste catarinense foram pioneiros. Estes estudos tem apresentado um profundo diagnóstico da situação sócio econômica sobre o tema e apontado as mudanças que vem ocorrendo no momento atual destes processos. Após estes trabalhos uma sucessão de pesquisas e estudos foram realizados na região e em todo o país sobre este tema. Sendo este atualmente o principal desafio em debate sobre o futuro da agricultura familiar na região oeste catarinense.

2. OBJETIVO

Apresentar como o tema da agricultura familiar no oeste catarinense se relaciona com as discussões em torno da sustentabilidade, com destaque para a questão da reprodução intergeracional das unidades de produção familiar.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa classifica-se como descritiva com abordagem qualitativa. Para analise do tema da sustentabilidade utilizou-se das cinco dimensões da sustentabilidade descritas por Seguezzo (2009). Sobre o tema da agricultura familiar no oeste catarinense e a relação com a sustentabilidade se utilizou de pesquisa bibliográfica. Já em relação a reprodução intergeracional das unidades de produção familiar os sujeitos pesquisados foram 54 jovens, agricultores, participantes do projeto: fortalecimento da juventude rural no oeste catarinense. Projeto de pesquisa e extensão, desenvolvido no âmbito da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS. Os dados e informações que serão utilizados aqui foram coletados em dois momentos distintos: 1) no inicio do projeto (2015) em questionário aplicado aos participantes do projeto; 2) em relatório de visitas de campo com o tema de gestão nas unidades familiares, realizadas em agosto de 2016. Estes relatos foram individuais de forma escrita e em apresentação de trabalho gravada durante aula. Partes dos dados desta pesquisa já foram publicados em outros trabalhos do grupo do projeto (COLETTI et al , 2016 e DENTZ et al, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na relação entre a temática da sustentabilidade e a agricultura familiar no oeste de Santa Catarina é possível afirmar que nos aspecto das dimensões econômicas, social e ambiental ocorreram e ocorrem em torno do debate sobre o desenvolvimento regional. Portanto, o aspecto local, apontado por Seguezzo (2009) está presente com uma ênfase bastante forte.

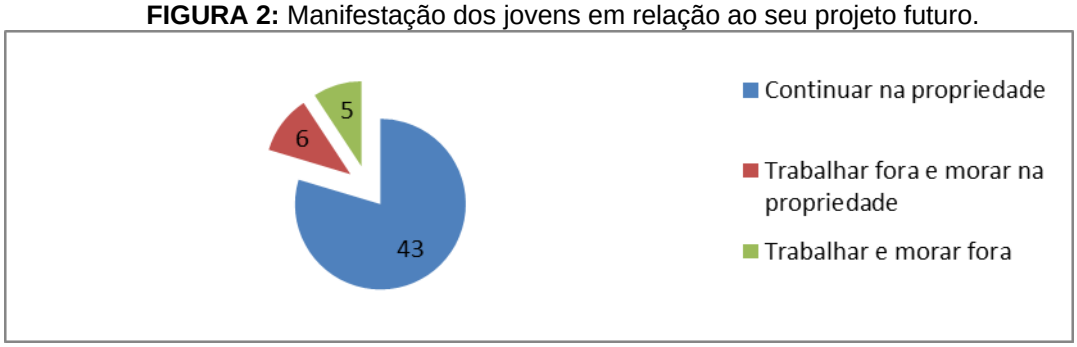
Quanto a dimensão ambiental o "discurso" da sustentabilidade está presente em todos os espaços, mas com diferentes concepções dele advindas. Três grandes compreensões se fazem presentes: 1) os que veem na eficiência técnica e no aumento da produtividade o caminho para a sustentabilidade ambiental. Não se trata de buscar alternativas as tecnologias produtivistas, mas sim, em aperfeiçoa-las para melhorar a sua eficiência ambiental. A grande aposta dos que assim pensam está na biotecnologia, sendo a transgenia o caminho a ser percorrido; 2) os que veem na produção orgânica, pelo apelo destes produtos quanto a preservação do meio ambiente, qualidade de vida e saúde, como uma oportunidade de mercado a ser explorada. Portanto, uma oportunidade em uma região com uma estrutura fundiária de pequenas propriedades. Muda-se a base tecnológica, sem se alterar, as relações sociais e econômicas de produção; 3) os que veem a agroecologia como uma nova forma de relação entre a natureza e a sociedade na produção de bens, não de forma utilitarista e individualista, mas como espaço de preservação da vida, de toda a vida, pela vida toda.

Na busca realizada nos diferentes trabalhos que tratam dos temas da agricultura familiar e da sustentabilidade na região, da mesma forma que nos trabalhos em nível de País, se verificou que as 4 primeira dimensões da sustentabilidade: econômica, social, ambiental e de permanência (reprodução) são preocupações permanentes. Já a 5ª dimensão que trata da pessoa, da individualidade é a grande ausente nas pesquisas. Trato a seguir da dimensão da permanência, no aspecto da sucessão das unidades familiares de produção a partir da visão dos jovens participantes da pesquisa.

A preocupação dos jovens com a permanência no campo e a sucessão das unidades familiares, quanto ao projeto futuro de vida, conforme pode ser visto na figura 2, a maioria dos jovens afirmam desejar permanecer no meio rural (90,74%), sendo que, 11,11% respondeu desejar continuar morando na propriedade e trabalhar fora. 9,25% demonstrou que deseja morar e trabalhar na cidade.

Na mesma questão 70% dos que responderam desejar permanecer na roça, afirmaram desejar estudar. Sendo que entre os que desejam trabalhar fora, este dado foi de apenas 36,36%. Estes percentuais chamam atenção, pois historicamente, na sucessão das propriedades era comum a afirmação, "não gosta de estudar então vai ficar na roça". Parece haver uma inversão de expectativas e o reconhecimento que os desafios de uma agricultura sustentável passam por estudar, ou seja, pelo conhecimento. No âmbito dos que desejam sair parece que a motivação principal é o empreendedorismo e não a busca de oportunidades de estudar. Sendo que entre estes 66% respondeu que deseja ter seu próprio negócio. Dos que pretendem trabalhar fora e morar na propriedade 20% desejam ter seu próprio empreendimento. Já dos que desejam ficar, 5% manifestou o desejo de empreender na própria propriedade.

FIGURA 2: Manifestação dos jovens em relação ao seu projeto futuro.



Pesquisa projeto Fortalecimento Juventude Rural no Oeste Catarinense.

Na opinião da juventude participantes do Projeto, conforme é demonstrado no gráfico da figura 3, os principais motivos para a saída dos jovens do meio rural são: a) Falta de políticas públicas adequadas e suficientes (50%); b) Falta de infraestrutura (estrada, meios de comunicação, energia elétrica, etc) (40%); c) Penosidade do trabalho no campo – dificuldades na lida no campo (34%); d) Questões relacionadas a oportunidades de renda (30%); e) Problemas familiares (26%); f) Tipo de educação superior – Dificuldade em aplicar conhecimentos adquiridos na Universidade (18%); g) Atratividade das cidades – maiores oportunidades na cidades (16%).

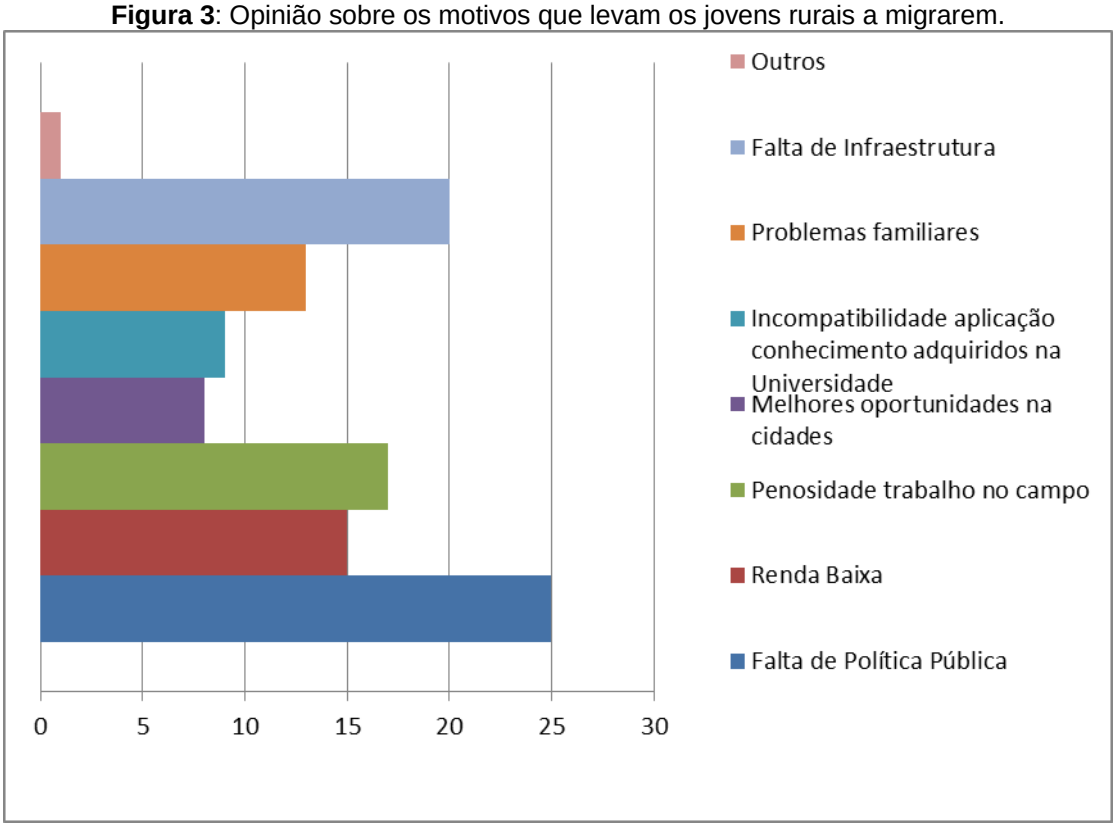
Comento os dados do gráfico da figura 3, a partir das respostas espontâneas dos jovens a questão: O que você considera como mais importante para a permanência do jovem na atividade rural? E dos relatórios individuais e de grupos realizados em aula sobre o trabalho de campo.

O elemento que se destaca na pesquisa sobre a permanência dos jovens na agricultura familiar é o reconhecimento. Para 64% dos pesquisados este é um elemento fundamental para a sucessão nas unidades familiares. Para os mesmos este reconhecimento está ligado ao ambiente familiar, social e público.

Para a maioria o ambiente familiar é determinante para o processo de sucessão. O incentivo e a confiança nos jovens por parte dos pais é necessário. Nas palavras dos jovens no relato de visita de campo: *"...a iniciativa de jovens e sua intenção de manter-se na propriedade, deve vir acompanhada, em contrapartida, pela confiança familiar em suas figuras, ou seja, pela crença dos pais na capacidade administrativa e gestão dos filhos"*. A ausência da confiança e contrapartida dos pais e familiares deixa "*os jovens desanimados e fazendo assim eles trocarem o campo pela cidade".* Com isto muitos jovens "*sentem-se desmotivados e buscam trabalho fora da propriedade..."*. O âmbito das relações familiares é determinante e o dialogo é fundamental, *"... dentro da família tem de ter o consentimento do pai, da mãe e dos filhos..."*.

O reconhecimento social da agricultura familiar é outro fator determinante para os jovens. O ambiente em que se vive e trabalha é importante e o "preconceito" com o rural é um entrave para a sucessão familiar. Portanto é necessário *"a sociedade como um todo reavaliar a importância que o agricultor familiar tem em nossa sociedade"*. Neste sentido para um dos jovens é importante ter *"programas de incentivo que aumentem a autoestima dos jovens rurais, mostrar para estes jovens do campo que é possível ter qualidade de vida no campo e não é "feio" ou constrangedor morar e trabalhar na roça"*. Em outras palavras: *"valorização aos agricultores*".

Figura 3: Opinião sobre os motivos que levam os jovens rurais a migrarem.



Pesquisa projeto Fortalecimento Juventude Rural no Oeste Catarinense.

O reconhecimento do poder público é visto de duas maneiras: valorização da agricultura familiar e, visibilidade da juventude rural. O apontamento da importância das políticas públicas para a permanência é recorrente na fala dos jovens, sendo que para além da sua existências se tem a necessidade da *"efetividade de políticas públicas para a agricultura familiar que possam auxiliar na renda e na qualidade de vida dos agricultores".* A falta de políticas públicas especificas para os jovens parecem estarem relacionadas mais com as questões da criação de oportunidades para a criação de novas atividades, ligadas a inovação e o empreendedorismo. Outro elemento, que depende em muito do investimento público, está relacionado à infraestrutura no meio rural, para que garanta acessibilidade a serviços e bens. Políticas públicas e infraestrutura foram os temas mais citados na pesquisa, o que demonstra a importância que tem o estado na construção de uma estratégia de desenvolvimento sustentável no campo tendo como base a agricultura familiar.

As questões relacionadas ao trabalho e a renda aparecem em um nível inferior ao das políticas de estado, mas com destaque nas respostas e falas. A penosidade do trabalho agrícola ainda é um dos motivos para a saída da juventude, apontada principalmente pelas jovens. O tempo do trabalho na agricultura, o trabalho de final de semana e feriados, é apontado como problema e faz repensar, *"...a ideia de permanecer na propriedade é deixada de lado quando se leva em consideração as tarefas diárias que durante décadas vem sendo realizadas pelos seus pais, formando assim, muitas vezes uma rotina exaustiva".* A utilização de produtos químicos e agrotóxicos também é apontada, principalmente pelas jovens, como um problema sério no âmbito do trabalho, mas que com inovação e incentivo é possível ser encontradas soluções, de acordo com uma das jovens:

> *"Acredita-se que com maior valorização e incentivos aos pequenos agricultores é possível inovar o trabalho, tornando-o mais "leve", assim fazendo com que novos agricultores sintam a necessidade e percebam a importância de ter alimentos e produtos de qualidade, sem a total utilização de agroquímicos como herbicidas, inseticidas, pesticidas e fungicidas, tais substâncias que provocam uma série de problemas a saúde publica".*

As questões relacionadas a renda aparecem em quarto lugar entre as razões da saída dos jovens. Abramovay (1998) afirma que 40% dos jovens (homens) responderam ser a questão das oportunidades de renda uma das dificuldades em permanecerem nas propriedades. Silvestro (2001) "*mostra que, sobretudo entre as famílias de menor renda, a contribuição dos filhos que partiram para o orçamento da casa de origem é bastante frequente e significativa"*. Levando-se em consideração os dados do gráfico da figura 3, onde 30% respondem ser a oportunidade de renda uma das razões dos jovens saírem do campo, percebe-se que este fator vem diminuindo de importância no contexto geral dos processos de sucessão nas unidades familiares na região. O fator de renda, que teve melhora na agricultura familiar da região neste inicio de século, parece também estar relacionado ao baixo numero dos que responderam ser a saída provocada pelo numero maior de oportunidades na cidade (16%).
O acesso à educação superior e técnica, na opinião dos jovens, esta em muitos casos forçando a saída dos mesmos pela incompatibilidade entre formação e as atividades na agricultura. Temos aqui dois fatores operando para esta realidade, por um lado, as escolhas dos cursos realizadas pelos jovens, por outro lado, a oferta de cursos superiores e técnicos que não atendem as necessidades de formação necessária à agricultura familiar. A educação é apontada permanentemente como um elemento importante para a permanência no campo, mas pela oferta não estar adequada com as necessidades, se torna fator de saída.
Entre as razões importante para a permanência dos jovens na agricultura destacam-se um conjunto de respostas vinculadas a questões de âmbito pessoal, individual. 18% dos pesquisados apontaram que para a permanência é necessário que o jovem *"tem de ter amor pela vida no campo*", *"gostar do que está fazendo*", *"querer ficar na propriedade e dar continuidade no que já tem e aprimorar com outras atividades que gostaria", "empenho e dedicação"*, "*ter senso próprio e buscar meios viáveis" e "acreditar que dias melhores virão".* Considerando-se estes elementos e a questão do reconhecimento, apontado pela ampla maioria, e ainda outros motivos como, qualidade de vida, não ao preconceito e igualdade, apontam para a dimensão da pessoa no âmbito da sustentabilidade do modo de vida na agricultura familiar. Isto fica claro na fala de uma jovem no 8º módulo do projeto:

> *"Quando o jovem demonstra pra família o interesse em continua, a própria família... como ele* (jovem) *busca qualificação, o pai dele busca cursos, então tudo isso melhora a relação da família. E com certeza facilita muito para a sucessão familiar. Muitas vezes isso não ocorre, o jovem não demonstra interesse, talvez por não ver as possibilidades, oportunidades. E a família fica com o pé atrás. Será que vale a pena, será que não vale".*

Em resumo, para a juventude participante da pesquisa, a maioria demonstra o desejo de permanecer na atividade rural, apontam o desejo de continuarem estudando, veem a saída da juventude do campo relacionadas a falta do reconhecimento da agricultura familiar pela sociedade

em geral e, dos jovens por parte de pais e familiares. Entre as jovens o tipo de trabalho rural é ainda determinante para a saída. A questão da renda não exerce mais a mesma pressão pela saída, mas relacionada a questão do trabalho e reconhecimento, ainda é um fator de peso. Assim sendo a dimensão da permanência na sustentabilidade da agricultura familiar encontra barreiras grandes a serem superadas para sua efetivação. As dimensões da permanência e da pessoa estão diretamente relacionadas. A sucessão passa cada vez mais pelo jovem estar motivado a ficar, ser incentivado, ter reconhecimento dos pais e da família, a profissão de agricultor ser reconhecida socialmente e, haver renda, infraestrutura e qualidade de vida no meio rural.

5. CONCLUSÃO

A sociedade tem na agricultura familiar uma das grandes possibilidades de construir a sustentabilidade nos espaços rurais. No oeste catarinense está possibilidade passa centralmente pelo reconhecimento social da agricultura familiar com sua valorização, principalmente, através da implantação de políticas públicas e a garantia de infraestrutura que garantam a acessibilidades aos diferentes serviços nas áreas rurais.
Já a agricultura familiar deverá reconhecer e confiar nos seus filhos (jovens) para garantir a sucessão geracional e, assim, ampliar a possibilidade da reprodução das suas unidades, vencendo a atual crise sucessória.
O potencial sociocultural e econômico da agricultura familiar, seus sistemas de produção mais próximos da sustentabilidade ambiental, principalmente se investido em sistemas agroecologicos, passa pela garantia de sua permanência (reprodução) ao longo do tempo, o que depende, centralmente das pessoas, jovens e seus familiares em construir este futuro. No reconhecimento da 5ª dimensão da sustentabilidade em Seguezzo (2009), a dimensão do individuo, da pessoa, parece estar uma das principais possibilidade de construção deste caminho. A mudança que aponta o desejo de estudar dos que pensam em continuar nas unidades familiares é um sinal promissor que também corrobora com está necessidade de investimento nas pessoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, Ricardo; SILVESTRO, Milton; CORTINA, Nelson; BALDSSERA Ivan T.; FERRARI, Dilvan; TESTA, VILSON M. **Juventude e Agricultura Familiar: desafios dos novos padrões sucessórios**. Chapecó/Brasília – Convênio FAO/INCRA/CPPP-EPAGRI, Edições UNOESC, 1998.

ABRAMOVAY, Ricardo. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão.** Campinas: UNICAMP/AMPOCS, 1991.

BERARDI, H. Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. *Sustainable Cities and Society*, 8 (2013), 72-78.
BRUNDTLAND, Gro Harlem. (Org.). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

COLETTI, T.; ARALDI, J. M.; ZONIN, V. J.; SIMÕES, W. Juventude da agricultura familiar no oeste de Santa Catarina: dilemas e desafios para a sua permanência no campo. *In.* **Anais do 54º Congresso da SOBER.** Maceió-AL, 2016.

COSTABEBER, J. A.. **Acción colectiva y procesos de transición agroecológica en Rio Grande do Sul, Brasil.** Córdoba, 1998. 422f. (Tese de Doutorado) Programa de Doctorado en Agroecología, Campesinado e Historia, ISEC-ETSIAN, Universidad de Córdoba, España, 1998.

DENTZ, E. V.; KROTH, D. C.; ZONIN, V. J.; ZANETTI, T. E. Análise sobre o rural da região oeste de santa Catarina: relação entre perfil dos jovens e mercados institucionais**.** *In.* **Anais do 54º Congresso da SOBER**. Maceió-AL, 2016.

Dresner, S., 2002. **The principles of sustainability**. London: Earthscan Publications Ltd.

FAO/Incra, 1994. **Diretrizes de política agrária e desenvolvimento sustentável para a pequena produção familiar**. Brasília, FAO/Incra, 98 p

FERRARI, D. L. **Agricultura familiar, trabalho e desenvolvimento no Oeste de Santa Catarina.** Campinas/SP: Universidade Estadual de Campinas, 2003. Dissertação de Mestrado

KAHNEMAN, D. SUGDEN, R., 2005. Experienced utility as a standard of policy evaluation. Environmental and Resource Economics, 32, 161–181

LAMARCHE, Huguer. (coord.) **A agricultura familiar: comparação internacional**. **Campinas**, Ed. Unicamp, 1993.

SILVESTRO, Milton Luiz (et.al.). **Os impasses sociais da sucessão hereditária na agricultura familiar.** Florianópolis: EPAGRI; Brasília: NEAD/Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2001.

SEGUEZZO, L. **The five dimensions of sustainability**. *Environmental Politics*, 18 (2009), 539-556.

STROPASOLAS, Valmir Luiz. **O mundo rural no horizonte dos jovens: o caso dos filhos(as) de agricultores familiares de Ouro/SC**. 2002. Tese (Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VEIGA, José E. **O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica.** São Paulo: USP/HUCITEC, 1991. 219p.

Wanderley, M. N. B. **O campesinato brasileiro: uma história de resistência**. RESR, 52(Supl.1), 25-44. Acesso em outubro/2016, em http://www.scielo.br/pdf/resr/v52s1/a02v52s1.pdf

412. EMPODERAMENTO DE COMUNIDADES URBANAS EM PROCESSOS PARTICIPATIVOS DE GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES

GIAZZON, Eloisa[*1] (eloisagiazzon@gmail.com); PASSUELLO*, Alexandra**[2] (alepassuello@gmail.com); JALOWITZKI*, Ivana*[3] *(ivana.jalowitzki@gmail.com); BRESOLIN, Jocelei*[4] *(joceleibresolin@gmail.com); SILVA FILHO, Luiz Carlos Pinto da*[5] *(lcarlos66@gmail.com)*
[1, 2, 3,4 e 5] Grupo de Gestão de Riscos de Desastres, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (GRID-CEPED/RS-UFRGS), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
A gestão de risco de desastres compreende ações sistemáticas e integradas voltadas à redução e/ou eliminação dos impactos gerados por eventos adversos. Conforme estabelecido nos marcos internacionais e na política de proteção e defesa civil brasileira, a participação dos diferentes segmentos da sociedade nos processos de gestão de risco é considerada fundamental. No entanto, nos canais de participação tradicionalmente estabelecidos, como conselhos, conferências, audiências públicas, entre outros, é possível perceber lacunas na representatividade da população diretamente atingida pelos desastres naturais. Possivelmente isso ocorre, porque muitas vezes as áreas de risco são ocupadas por famílias socialmente vulneráveis, implicitamente excluídas dos espaços de discussão da cidade. Este artigo apresentará a abordagem adotada pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/RS) para promover a mobilização e participação comunitária com enfoque na gestão de risco. O método utilizado é composto por uma série de encontros sistemáticos com comunidades de assentamentos precários localizados em áreas suscetíveis a processos perigosos, e tem como objetivos promover o empoderamento através da participação, valorizar o saber local e qualificar a percepção de risco dos moradores. O artigo apresentará parte dos resultados obtidos no desenvolvimento do processo em cinco comunidades localizadas nos estados do Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro. A partir de reflexões coletivas sobre os elementos que compõem o ambiente natural e construído presentes no território e a sua relação com as ameaças, o processo desenvolvido possibilitou a busca por soluções para redução de riscos, bem como melhorias urbanas, ambientais, habitacionais e sociais. A aplicação do método, embasado no estabelecimento de um processo, em contraponto a ações pontuais e desconexas, permitiu o surgimento de lideranças comunitárias, bem como o engajamento dos demais moradores, dando instrumentos que auxiliaram na interlocução com os atores envolvidos na gestão de risco, especialmente da esfera pública municipal.
Palavras-chave: gestão de risco de desastres, processo participativo, empoderamento comunitário, qualificação da percepção de risco.

EMPOWERMENT OF URBAN COMMUNITIES ON THE PARTICIPATIVE PROCESSES OF DISASTER RISK MANAGEMENT

ABSTRACT
The disaster risk management consists of systematic and integrated actions focused on mitigation and/or elimination of impacts generated by various events. As established in international frameworks and in the Brazilian policy of civil defense and protection, the participation of the diferent society segments in the processes of risk management is considered fundamental. However, within channels of participation traditionally established, like councils, conferences, public hearings and

others, it is possible to notice missing parts in related to the lack of representativeness of the population directly affected by natural disasters. This possibly occurs because in most cases the risk areas are occupied by socially vulnerable families and, because of that, not included in city discussions. This article will present the approach used by the University Center For Disaster Studies and Research (CEPED/RS) to promote the mobilization and community participation focused on risk management. The utilized method is composed by a series of systematic meetings with communities of precarious settlements located in areas susceptible to dangerous processes, promoting the empowerment through participation, valuing the local knowledge and developing the dwellers' risk perception. The article will present part of the results obtained throughout the development of this process in five communities located in the states of Rio Grande do Sul and Rio de Janeiro. Through collective reflections about the elements that compose the natural and constructed environments present inside the territory and its relation with threats, the process developed allowed the search for solutions to reduce risks, as well as urban, social and habitational improvements. The application of the method, grounded on the establishment of a process, opposing punctual and disconnected actions, allowed the appearance of community leaderships, as well as the engagement of the dwellers, giving them tools to support their interlocution with stakeholders involved in risk management, especially from the public/municipal sphere.
Keywords: disaster risk management, participative process, community empowerment, qualification of risk perception.

1. INTRODUÇÃO

O intenso e progressivo processo de urbanização que ocorre no território brasileiro tem aumentado a exposição das populações que vivem em áreas suscetíveis ao impacto gerado por desastres naturais. Em meados de 1960 o Brasil se tornou predominantemente urbano, o que no planeta ocorreria por volta de 2008 (UNFPA, 2007). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), 60% da população urbana mundial está localizada em regiões expostas a pelo menos um tipo de risco de desastre natural (ONU, 2012). No Brasil, o Censo 2010 (IBGE) apontou que 6% da população (11,4 milhões de pessoas) vivia em aglomerados subnormais. Esta população, quando exposta a processos perigosos, apresenta maior situação de vulnerabilidade devido à precariedade dos assentamentos e da baixa renda. A vulnerabilidade indica uma condição preexistente que faz com que o elemento exposto possa ser afetado por uma situação específica (SILVA FILHO et al, 2015).

Os desastres naturais mais recorrentes no território brasileiro entre os anos de 1991 a 2012, estão relacionados aos eventos climatológicos - seca e estiagem, sendo os que mais afetam a população (CEPED/UFSC, 2013). No entanto, os eventos de origem hidrológica - inundação, enxurrada e alagamento, e geológica causam maior número de óbitos. Moradias expostas aos impactos destes desastres estão presentes, notadamente, em assentamentos precários. Porém, há registros de parcelamentos do solo regulares implantados em áreas sujeitas a estas ameaças.

A temática da gestão de risco de desastres é tratada internacionalmente, entre outras iniciativas, no Marco de Ação de Sendai (UNISRD, 2015), do qual o Brasil é signatário. O documento destaca a necessidade de engajamento da sociedade para a redução do risco de desastres, dando ênfase ao empoderamento e participação inclusiva, contemplando os mais pobres (UNISRD, 2015).

No Brasil, a Lei Federal Nº 12.608/2012 instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, que traz entre suas diretrizes a abordagem sistêmica das ações que integram a gestão de risco - prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, e a participação da sociedade civil (BRASIL, 2012).

A mobilização da sociedade é um desafio devido às limitações do processo participativo, em suas diferentes escalas. Contemplar o protagonismo dos moradores de áreas de risco requer uma mudança de cultura na relação gestão pública/sociedade, o que expõe a necessidade de regulamentação da Lei 12.608/2012 quanto à adoção de mecanismos e estratégias que viabilizem a efetividade desta participação. Este tema está relacionado à motivação dos pesquisadores do grupo de pesquisa Gestão de Risco de Desastres (GRID), integrante do CEPED/RS-UFRGS, ao desenvolver uma metodologia que promovesse o protagonismo desses moradores.

Através do Projeto FINEP, Rede Morar.TS - Tecnologias Sociais para Habitação de Interesse Social, este grupo desenvolveu a metodologia denominada “Tecnologia Social para Redução de Vulnerabilidades Socioambientais”, integrante do Subprojeto 6 (Desenvolvimento de sistemas e metodologias para redução da vulnerabilidade de moradias em situações de risco ambiental com uso de TS). A metodologia, certificada como TS pela Fundação Banco do Brasil em 2013, foi desenvolvida através de encontros entre pesquisadores e moradores. Pautados pela troca de saberes - conhecimento local e visão técnica, se direcionaram à compreensão da realidade da comunidade, criando um novo conhecimento baseado no aprendizado com o outro, renunciando à concepção tradicional que associa poder e conhecimento. Todos aprendem e avançam. O conhecimento da comunidade acerca de todas as suas manifestações sociais - fragilidades e potencialidades, possibilita as condições e os instrumentos objetivos e subjetivos para transformar a realidade com eficácia (FAUNDEZ, 1993).

O processo participativo efetivado em 5 comunidades abordou a complexidade da interação ser humano e ambiente e suas consequências, contribuindo para a qualificação da percepção de risco dos moradores. O acesso a novos conhecimentos que levam à compreensão da comunidade de uma forma mais abrangente e complexa pode constituir-se em um caminho possível para empoderar os moradores, interferindo na sua busca por melhorias socioambientais.

1.1 Caracterização das áreas de atuação

Desenvolvida através do projeto Morar. TS em 3 comunidades - Morro do Vital Brazil (Niterói/RJ), Amorim/Manguinhos (Rio de Janeiro/RJ), e Ilhas das Flores (Porto Alegre/RS), a Tecnologia Social para Redução de Vulnerabilidades Socioambientais foi reaplicada nas comunidades Bairro Praia (Lajeado/RS) e Bairro Oriental (Estrela/RS), no âmbito do Projeto Desenvolvimento e Apoio à Implantação de uma Estratégia Integrada de Prevenção de Riscos Associados a Regimes Hidrológicos na Bacia do Taquari-Antas/RS. O Quadro 1 caracteriza as comunidades.

Quadro 1. Caracterização das Comunidades

	**Morro do Vital Brazil (Niterói/RJ)** Ocupação do território: o Instituto Vital Brazil destinou lotes a funcionários. Ocupações irregulares avançaram na parte íngreme da encosta, onde vivem famílias com baixa renda; Principais ameaças existentes: - Movimentos de massa (deslizamentos, queda de blocos); - Enxurrada, alagamento; - Ventos fortes. Instituição parceira: ONG Soluções Urbanas
	**Amorim/Manguinhos (Rio de Janeiro/RJ)** Ocupação do território: inicialmente, a Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ) destinou lotes a funcionários. Porém, os lotes foram subdivididos e as construções ampliadas horizontal e verticalmente. Principais ameaças existentes: - Incêndio; adensamento das edificações; - Ausência de rotas de fuga adequadas; - Enxurrada e alagamento. Instituição parceira: Instituto Osvaldo Cruz (IOC).
	**Ilha das Flores (Porto Alegre/RS)** Ocupação do território: espontânea, por iniciativa de famílias com baixa renda; Principais ameaças existentes: - Inundação no Delta do Rio Jacuí; - Faixa de domínio de rodovia federal Instituição parceira: Instituto REDECRIAR.
	**Bairro Praia (Lajeado/RS)** Ocupação do território: formada por lotes regulares de ocupação antiga e por ocupação irregular por iniciativa de famílias com baixa renda (margens do Arroio Saraquá); Principais ameaças existentes: - Inundação do Rio Taquari e Arroio Saraquá. Instituição parceira: Associação dos Moradores do Bairro Praia (AMBRAPA) e Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Lajeado/RS.

	**Bairro Oriental (Estrela/RS)** Ocupação do território: formada por lotes regulares de ocupação consolidada e por ocupação irregular por iniciativa de famílias com baixa renda (margens do Rio Taquari). Principais ameaças existentes: - Movimento de massa (solapamento de margens); - Inundação do Rio Taquari. Instituição parceira: Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Estrela/RS.

Fonte: Acervo GRID, imagens Google Earth

2. OBJETIVO

O objetivo do artigo é apresentar a abordagem adotada para o desenvolvimento de um processo participativo envolvendo comunidades moradoras de áreas de risco localizadas em assentamentos precários, através da construção do diagnóstico de riscos e vulnerabilidades existentes no território e da qualificação de sua percepção de risco para embasar a busca por melhorias locais.

A metodologia adotada se ampara no respeito dos pesquisadores ao saber local, nas reflexões que surgem da discussão dos moradores entre si, e que culminam na construção de avanços na compreensão do território em que habitam e suas complexidades. Para atender às lacunas que possam existir, o diagnóstico é complementado com a visão técnica multidisciplinar (engenharia, arquitetura e urbanismo, psicologia e serviço social). O processo resulta na capacidade de interlocução dos moradores com os agentes vinculados às políticas públicas relacionadas às melhorias ambientais, urbanas, habitacionais e sociais.

A sistematização dos resultados obtidos nas oficinas é apresentada para demonstrar que tipo de questões estão relacionadas aos riscos e vulnerabilidades presentes na comunidade. De forma complementar, a análise técnica se agrega à visão dos moradores, que passam a conhecer novos enfoques e inseri-los em suas reflexões e pauta de reivindicações.

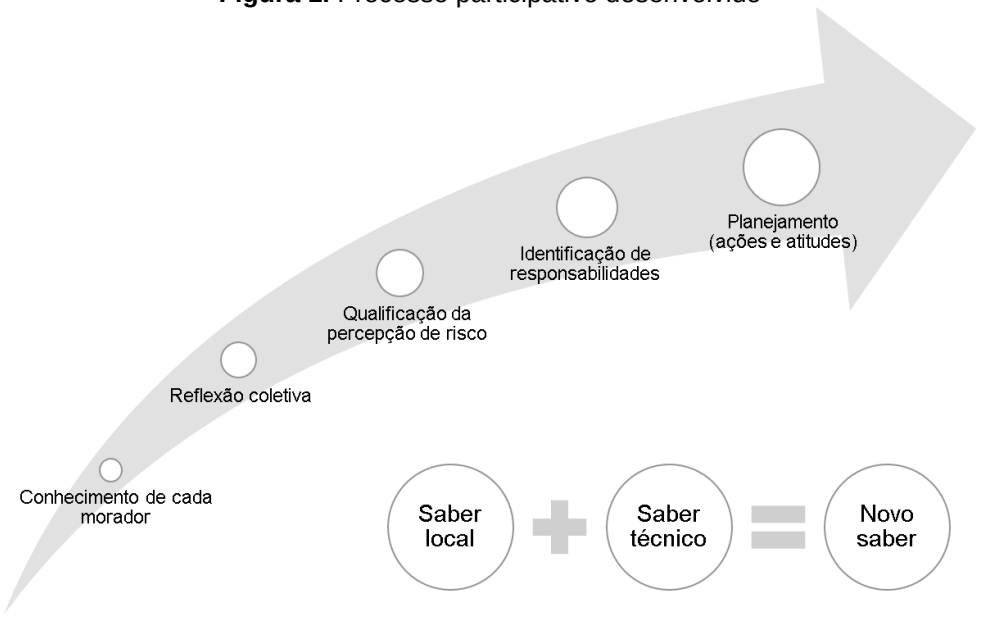
O artigo apresenta a síntese das informações contidas nos mapas interativos produzidos pelas 5 comunidades, identificando temas convergentes que estão presentes em assentamentos precários localizados em diferentes regiões brasileiras e com distintas características socioambientais. O resultado desta análise poderá subsidiar indicativos de intervenções que objetivem melhorias nas comunidades localizadas em áreas de risco.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O desenvolvimento da tecnologia social buscou privilegiar a sensibilização para a participação e para outros aspectos relacionados à dimensão coletiva e solidariedade, ao respeito pelo saber local e ao protagonismo dos moradores. Os pesquisadores adotam a postura de facilitadores do processo, pois sua contribuição se evidencia na qualificação da percepção de riscos, refletindo e complementando a percepção inicial. A atuação da equipe envolve, além do planejamento e realização das oficinas, o estudo prévio da área, visitas de campo, interlocução com a instituição parceira local, e os momentos de aprendizado junto aos moradores. Este conhecimento confere a condição de contribuir, ampliando o olhar dos moradores. A visão técnica e informações acessadas aos moradores auxiliam na compressão mais ampla e aprofundada do território onde a comunidade se insere, bem como no exercício de liderança frente à busca de alternativas de soluções. Tanto quanto os moradores, os pesquisadores se apropriam de questões até então “invisíveis”, pois são frutos da vivência e da familiaridade das pessoas com sua moradia, terreno, vizinhança e bairro. A

Figura 1 apresenta, esquematicamente, o processo participativo que se estabelece na aplicação desta TS, o que ocorre a partir da sensibilização inicial, do saber de cada morador e das reflexões que acontecem, culminando na troca de saberes entre todos os envolvidos e na produção de um novo saber.

Figura 1. Processo participativo desenvolvido



Através da participação - eixo norteador do processo, foram desenvolvidas atividades promotoras do desenvolvimento de um raciocínio para trazer o conhecimento dos moradores associados às vulnerabilidades socioambientais. A metodologia estabelece, como ponto de partida, a criação de laços de confiança e integração entre todos os atores participantes dos encontros – pesquisadores, moradores e membros da instituição parceira. A sensibilização para o tema das oficinas acontece através da identificação, por cada morador, dos elementos do ambiente natural e construído presentes na comunidade. O mapa interativo é composto a partir do conhecimento individual e coletivo. A discussão e reflexão sobre cada situação percebida, agregada pela visão dos pesquisadores - qualificação da percepção de risco, fomenta a construção de consensos, indispensável para o planejamento de melhorias na comunidade. As ações e atitudes propostas refletem a compreensão do território e de suas complexidades diante do diagnóstico efetuado e do quadro de responsabilidades atribuídas. O Quadro 2 apresenta as etapas da TS para Redução de Vulnerabilidades Socioambientais aplicada nas comunidades, atividades e objetivos.

Quadro 2. TS para Redução de Vulnerabilidades Socioambientais: etapas, atividades e objetivos

ETAPA	ATIVIDADES	OBJETIVO
Sensibilização	Visão de futuro para a comunidade/ Integração dos moradores	Manifestação de cada morador sobre o que deseja para sua comunidade.
	Localização da moradia no tabuleiro* (adesivo sobre a edificação e legenda)	Familiarização dos moradores com o tabuleiro e identificação da moradia dos participantes.
	Localização dos lugares importantes (adesivo no local ou indicando a direção, e legenda)	Identificação dos pontos de interesse dos moradores, podendo ser de uso privado ou público.
	Elementos do ambiente natural e construído (cada elemento em uma tarjeta, classificados por semelhança)	Identificação de elementos presentes na comunidade. Posteriormente, serão relacionados aos riscos.
Mapa interativo (diagnóstico)	Identificação de riscos e possíveis causas (cada "risco" e "causa" em uma tarjeta).	A partir da visão de cada morador.
	Mapeamento dos riscos (cada morador localiza, com um adesivo numerado, cada risco. O mesmo número é colocado na tarjeta)	Localização dos riscos no tabuleiro. Com a interação do grupo, podem ser identificados outros locais como o mesmo problema.
Atribuição de responsabilidades	Interlocução conduzida pela equipe de pesquisadores (riscos e causas são apresentados em cartazes e lidos)	Fruto da reflexão coletiva, a atribuição de responsabilidades embasa o planejamento de ações futuras.
Capacitação	Qualificação da percepção de risco - abordagem das lacunas identificadas pelos pesquisadores, através de palestra, apresentação de vídeo, jogo, visita de campo, etc.)	Acessar informação aos moradores para contribuir na compreensão sobre as risco e/ou vulnerabilidades que não foram identificados.
Planejamento	Ações e atitudes (em grupos, os moradores discutem o que fazer, como e parcerias)	Planejamento de ações e atitudes que atendam às demandas levantadas, em curto, médio e longo prazo.

**Denomina-se "tabuleiro" um painel constituído pela imagem aérea da comunidade, identificação do projeto e espaço para legenda, sendo a base para o mapeamento interativo das vulnerabilidades socioambientais.*

O acompanhamento dos desdobramentos pós oficinas assume importância, na medida em que se constitui em indicador da eficácia do processo desenvolvido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os riscos e vulnerabilidades apontados pelos moradores no território de abrangência da comunidade (tabuleiro) resultam na formatação do mapa interativo, que se torna uma importante expressão do diagnóstico focado nas temáticas abordadas nas oficinas. Posteriormente ao mapeamento elaborado pelos moradores, os pesquisadores classificam as questões levantadas em categorias para a análise, o que possibilita a identificação clara das principais fragilidades presentes na comunidade e sua abrangência, além de permitir a visualização dos locais com maior vulnerabilidade. As categorias resultam da identificação de questões que podem ser classificadas por temáticas, e são específicas de cada comunidade, visto que refletem uma realidade específica. No próximo encontro, a categorização é apresentada e discutida com os moradores. O mapa interativo pode constituir-se em um instrumento de poder (conhecimento) para interação da comunidade com setores ligados à gestão das políticas públicas e com a sociedade civil.

O mapa interativo representa um claro diagnóstico do assentamento precário, fruto do somatório do conhecimento de cada morador que, embora por vezes se restrinja ao entorno de sua moradia e aos locais onde transita cotidianamente, torna-se importante para compor o "todo", expressando a soma do saber de cada um. Para exemplificar, a Figura 2 apresenta o mapa interativo da comunidade do Morro Vital Brazil.

Figura 2. Mapa interativo – O Olhar dos Moradores do Morro Vital Brazil



As questões mapeadas pelos moradores se caracterizam pela diversidade e complexidade que se expressam nas possíveis causas apontadas, demonstrando a abrangência de seus conhecimentos. As causas atribuídas direcionam à classificação por categorias, permitindo a aglutinação de questões de mesma ordem. Categorias se revelaram comuns às 5 comunidades nos temas "ambiente construído", "presença de resíduos", e "natureza". Outras categorias se referem a situações específicas, relacionando-se, via de regra, a especificidades do terreno e/ou da cultura local. A Tabela 1 apresenta a tipologia das categorias relacionadas a riscos e vulnerabilidades, bem como os quantitativos (número de citações) apresentados.

Tabela 1. Categorização dos riscos e vulnerabilidades socioambientais nas comunidades

COMUNIDADE	CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS E VULNERABILIDADES POR CATEGORIAS										
	Terreno	Ambiente construído				Animais	Resíduos	Natureza			Comportamento humano
		I	S	M	E			C	V	VG	
M. Vital Brazil	19*	8	-	-	1	15	11	1	14	-	-
Amorim	-	28	1	4	3	21	15	6	-	1	14
Ilha das Flores	-	10	-	3	3	-	3	5	2	-	10
B. Praia	-	10	2	-	5	6	8	13	1	1	15
B. Oriental	1	3	3	1	-	3	9	4	-	1	2
Total	20	59	6	8	12	45	44	29	17	3	41

I = infraestrutura; S = serviços; M = mobilidade; E = edificação; C = chuva; V = ventos; VG = vegetação
**nº de citações pelos moradores*

A categoria “terreno” está presente nas comunidades onde as ameaças se relacionam a movimento de massa, como no Morro Vital Brasil, onde há deslizamentos e queda de blocos, e no Bairro Oriental, devido ao processo de solapamento da margem do Rio Taquari. A categoria “ambiente construído” abrange infraestrutura - componente presente nas 5 comunidades, serviços, mobilidade e condição da edificação. A categoria “presença de animais” se associa à insalubridade das moradias, ao pós-inundação e às questões de saúde. A categoria “resíduos” transparece em todos os ambientes analisados. A chuva é o principal elemento da categoria “natureza”, onde também consta a ação do vento e a vegetação. A categoria “comportamento humano” se refere a impactos relacionados à saúde e ao bem-estar coletivo.

A atribuição de possíveis responsabilidades pela geração dos riscos e vulnerabilidades surge da interlocução, conduzida pelos pesquisadores, para a promoção de reflexões. Agentes responsáveis são nominados, tais como “natureza”, “moradores” (individual ou coletivamente), e “políticas públicas” (ausência ou ineficácia). Nas 5 comunidades houve a atribuição de responsabilidades aos próprios moradores.

Com base nestas reflexões, em pequenos grupos são propostas ações e atitudes para fazer frente às demandas. Apresentadas e debatidas por todos, as proposições passam a compor um planejamento de curto, médio e longo prazo, a ser viabilizado através da mobilização em torno da resolução dos problemas e das transformações almejadas pela comunidade. O Quadro 3 apresenta algumas das ações resultantes da aplicação desta TS nas comunidades.

Quadro 3. Ações desencadeadas a partir do desenvolvimento da TS

COMUNIDADE	AÇÕES IDENTIFICADAS
Morro Vital Brazil	Mutirão de limpeza em toda a comunidade; Formação de um Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil (NUPDEC); Inserção de obras no entorno das moradias (drenagens, impermeabilizações) Proj Arquiteto de Família - ONG Soluções Urbanas.
Amorim/Manguinhos	Redução do risco de incêndio (colocação de botijões de gás em local seguro, substituição de postes); instalação de corrimões em escadas e acessos com declividade; eliminação de locais de acúmulo de lixo.
Ilha das Flores	Engajamento dos moradores e fortalecimento da participação em instâncias formais relacionadas ao Parque Estadual do Delta do Jacuí
Bairro Praia	Mutirão de limpeza da área e do córrego (Arroio Saraquá); planejamento para as ações do NUPDEC, recém constituído.
Bairro Oriental	Até o momento, a constituição da Associação de Moradores, proposta estruturadora das demais ações, ainda não havia sido colocada em prática.

Através do acompanhamento realizado em cada comunidade após as oficinas, *in loco* ou através da interlocução com as instituições parceiras, foi possível identificar avanços, de maior ou menor amplitude, de caráter individual ou coletivo, com abrangência pontual ou generalizada. As ações identificadas contemplam, tanto medidas estruturais – obras de engenharia, como medidas não estruturais – organização comunitária, mutirões, etc.

5. CONCLUSÃO

Considera-se que a metodologia proposta se adequa à aplicação em comunidades com diferentes realidades quanto à localização, terreno, questão fundiária, perfil socioeconômico e processo perigoso a que está exposta. Reafirma que o conhecimento se manifesta através da expressão de todos, pois os saberes são diferenciados e complementares. Estar aberto a aprender deve ser a condição para todos – pesquisadores, moradores e parceiros. Os resultados, assim como a forma de construí-los, apresentam potencial para subsidiar políticas públicas relacionadas a intervenções

para melhorias de assentamentos precários. A participação, vista como fio condutor na relação poder público/moradores é fator essencial à consolidação de propostas criadas coletivamente e em parceria, a partir de consensos. No desenvolvimento desta TS, o papel da instituição parceira torna-se fundamental pelo caráter de continuidade. As mudanças de gestão que ocorrem nas esferas de governo não têm garantido sequência às boas práticas. As ferramentas construídas ao longo do processo participativo efetivado com a aplicação da TS podem se tornar suporte ao empoderamento comunitário nas reivindicações por soluções que considerem a realidade e a participação local.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), promotora do Projeto Morar.TS, através do qual foi implementada a metodologia Tecnologia Social para Redução de Vulnerabilidades Socioambientais. Agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento à pesquisa e bolsas de pesquisa, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). Agradecem ainda ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC - UFRGS), ao Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/RS), ao Grupo de Pesquisa em Gestão de Risco de Desastres (GRID) e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pelo suporte oferecido. Os agradecimentos se estendem às instituições parcerias nas comunidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 14 out. 2016.

FAUNDEZ, A. O Poder da Participação – São Paulo, SP: Cortez, 1993 (Coleção Questões da Nossa Época; v. 18).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.sht>. Acesso em 16 out. 2015.

ONU. Rio + 20, o futuro que queremos. 2012. Disponível em: http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/OFuturoqueQueremos_rascunho_zero.pdf. Acesso em 11 nov. 2016.

SILVA FILHO, L. C. P.; PASSUELLO, A.; GIAZZON, E. M. A.; FIGUEIREDO, I. A. Metodologia - Mapeamento de vulnerabilidade de áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações. UFRGS/CEPED-RS. 2015.

UNFPA. Situação da População Mundial 2007. Fundo de População das Nações Unidas. 2007.

UNISRD, 2015. Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030. Versão em Português não-oficial – 31 de maio de 2015. Disponível em: https://unisdr-cerrd.wikispaces.com/file/view/Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030%20%28Portugues%29%20Versao%2031MAI2015.pdf/552651426/Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030%20%28Portugues%29%20Versao%2031MAI2015.pdf

Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012. 2. Ed.rev.ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

427. “CASA DE BRINCAR”: COMO O PROJETO ARQUITETÔNICO DE ESCOLAS INFANTIS PODE SER MAIS ADEQUADO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CRIANÇA?

LUNA, Julia Regina Braga Pereira[1](ju.luna@gmail.com); ANDRADE, Liza Maria Souza* [2] *(lizamsa@gmail.com);*
[1]Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UnB) – Brasil
[2]Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UnB) – Brasil

**Julia R. B. P. Luna*

RESUMO
Neste artigo parte-se do princípio que o espaço exerce influência sobre o bem-estar e qualidade de vida dos indivíduos que nele habitam e que a arquitetura possui, entre outros, um sentido sociológico e afetivo, exercendo assim, um papel importante nos ambientes educativos. Considera-se, também, que a fase infantil é determinante na formação da nossa personalidade, e por isso a educação formal necessita de estímulos advindos do currículo oculto, tendo o ambiente construído como uma valiosa ferramenta de educação. Entendendo que às escolas cabe a responsabilidade de lidar com esta fase, julga-se que faz parte deste encargo cuidar do espaço infantil, de forma que a arquitetura escolar dialogue com os princípios que serão ensinados pela pedagogia e no entendimento da sustentabilidade. Assim, este trabalho apresenta reflexões sobre a relação estabelecida entre criança e lugar, e trata da importância de um projeto arquitetônico desenvolvido para atender as necessidades da educação infantil. Neste sentido, o objetivo deste artigo é apresentar a metodologia de processo de projeto arquitetônico de uma escola infantil intitulada “Casa de Brincar”, que tem a criança como protagonista e principal usuário de um ambiente adequado ao seu desenvolvimento. Inicialmente, estudou-se metodologias pedagógicas como a Waldorf, *Montessori* e *Reggio Emilia,* bem como os parâmetros de projeto para edifícios escolares concebidos por Kowaltowski (2011) e os padrões de organização desenvolvidos por Alexander (1977) e McLennan (2013), além dos princípios da Permacultura (Mollison e Holmgren, 1978) e da ecoconstrução (Sattler, 2008). O resultado obtido foi a proposta de uma escola situada na Cidade Estrutural, região administrativa do Distrito Federal em situação de vulnerabilidade social e ambiental, que foge do modelo tradicional atual, projetada visando as necessidades e anseios da criança, desenvolvido para promover autonomia e educação ambiental por meio do entendimento do ambiente construído. Este projeto foi premiado em primeiro lugar na Bienal José Luztemberger do Euro-Elecs de 2015 em Guimarães, Portugal.
Palavras-chave: Arquitetura escolar, educação infantil, currículo oculto, sustentabilidade, permacultura.

"PLAYING HOUSE": HOW CAN THE ARCHITECTURAL DESIGN OF CHILDREN SCHOOLS BE MORE SUITABLE FOR THE DEVELOPMENT OF THE CHILD?

ABSTRACT
This article is based upon two main concepts, first being that architecture has a strong influence on the sociological and behavioral aspect of individuals. On the second hand, it’s assumed that

childhood has an essential role on people's future personality. Therefore, can be deduce that architecture has an important function in educational environments, so improving aspects of formal education in early ages, by working with the hidden curriculum, it's possible to use the construction as a tool to affect the learning skills of children. Understanding that it is the responsibility of schools to deal with this very important phase of life, it is considered that it is part of this incumbency to take care of children's space, so that school architecture dialogue with the principles that will be taught by pedagogy and in the understanding of sustainability. So, this study presents reflections about the relationship established between children and environment, and about the importance of an architectural project centered on the development of a child. In this context, the main goal of this article is to exhibit the process of project of a kindergarten named "Casa de Brincar", that considered the child as protagonist and principal user. Initially, pedagogical methodologies such as Waldorf, Montessori and Reggio Emilia were studied. Also were searched the pattern language method, created by Alexander (1977), used by Kowaltowski (2011) and McLennan (2013), as well as the permaculture principles (Mollison and Holmgren, 1978) and the eco-construction (Sattler, 2008). The outcome is a child-centered project, planned to foment the student's autonomy and to evidence the necessity of care for the environment. The school would be located at Cidade Estrutural, vulnerable region of Distrito Federal, Brazil. This architecture project has been awarded the first price in the José Luztemberger's Bienal, Euro-Elecs of 2015, at Guimarães, Portugal.
Keywords: School's architecture, child education, hidden curriculum, sustainability, permaculture.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo busca contribuir para a reflexão sobre a arquitetura escolar e sua influência no desenvolvimento infantil, por meio da apresentação do processo de projeto da creche e pré-escola "Casa de Brincar", um espaço educativo com preocupações sociais e ambientais, localizada na Cidade Estrutural, região administrativa de Brasília, Distrito Federal. O enfoque central do projeto é a exploração do espaço como um elemento transformador e educador, o ambiente construído como ferramenta de ensino por meio de um processo projetual centrado na criança e na sustentabilidade ambiental e social.

Entende-se que o modelo de ensino que predomina no ocidente atualmente ainda exerce um papel autoritário e repressor, marcando negativamente a vida de muitas pessoas, que é reforçado nos projetos de arquitetura, espaços frios e padronizados. Observando empiricamente o sistema educacional (ocidental) atual pode-se deduzir que não há a preocupação adequada com o espaço de ensino. Contata-se assim que, como o próprio modo de ensinar, o local onde este ocorre está obsoleto e ultrapassado, o que justifica a busca alternativas que tragam inovação e soluções para a educação.

Aproximando a problemática para o contexto brasileiro, a realidade escolar ainda é muito precária em relação à qualidade de ensino que preze pelo desenvolvimento humano do indivíduo. As práticas escolares, de modo geral, ainda enraizadas em modelos rígidos e autoritários, não se comprometem com a promoção da liberdade e da autonomia total da criança e o próprio espaço arquitetônico com sua concepção inflexível, não contribui para o exercício de novas possibilidades pedagógicas espaciais. A configuração do espaço escolar deve dialogar diretamente com o método pedagógico adotado pela instituição e representar de forma física os valores e intuitos da escola, pois assim eles serão absorvidos pela criança através da vivência do espaço. Portanto, é importante reconhecer seu caráter pedagógico.

Considera-se que o espaço não é neutro, que a arquitetura não tem apenas significado estético, econômico e funcional, mas que possui também um sentido sociológico e ecológico, a arquitetura deve dialogar com as pessoas envolvidas e seu meio, não deve ser algo estático. A humanização

do ambiente construído é de grande importância para o desenvolvimento das relações e convivência saudável, principalmente quando se trata de educação. Pesquisas que relacionam a neurociência à arquitetura e ao ambiente construído reforçam esta premissa. A *Academy of Neuroscience for Architecture* (ANFA, 2013), por exemplo, defende que um ambiente escolar construído de maneira responsável e ajustado às necessidades do usuário pode beneficiar a aprendizagem.

Na visão de Sattler (2007) o projeto de lugares mais sustentáveis deve transmitir às pessoas como elas devem viver, como ser mais eficiente em termos de energia e recursos hídricos, como empregar materiais de baixa energia incorporada ou de emissão zero de carbono, como utilizar madeira de manejo sustentável, como evitar o descarte de materiais tóxicos e fazer a compostagem de materiais orgânicos, como evitar a destruição da paisagem circundante e a diversidade biológica, como produzir alimentos no próprio local em harmonia com espaços de convivência.

A escola é o primeiro lugar que acolhe a criança quando se ultrapassa a esfera familiar, onde se oferecem oportunidades de evoluir as habilidades sociais e cognitivas exponencialmente e, assim, se desenvolve a primeira noção de coletividade, autonomia e independência. Sabendo que a fase infantil é determinante na formação da personalidade dos indivíduos e que a permanência de valores e preceitos adquiridos durante a infância pode perdurar durante toda a vida, acredita-se que em tal fase pode estar o potencial para realizar essa mudança de paradigma e, portanto, ela deve ser tratada com cuidado, amparo e sensatez pela sociedade.

Por acolher uma fase tão importante na formação dos indivíduos, à escola cabe, portanto, lidar com essa responsabilidade de modo a passar valores e aptidões que ajudem a um futuro desenvolvimento saudável. A lembrança de sua estrutura física – sua fachada, salas de aulas, ambientes internos e externos – também tende a permanecer. Junto a isso, as experiências promovidas no contexto desses ambientes são de extrema importância, por evocar também sentimentos e sensações vividos nesses lugares. Parte-se da premissa que o sistema educacional, bem como o espaço onde ele atua, deve permitir que certas habilidades, de grande importância para o desenvolvimento saudável da criança, sejam praticadas (autonomia, autoconfiança, capacidade de crítica, etc...).

Da crença em que a reconstrução intencional do espaço da educação infantil, no futuro poderia provocar mudanças no modo de vida dos adultos formados nessa nova ambiência, buscou-se desenvolver, projetar e construir o conceito de uma nova escola primária. A Cidade Estrutural no Distrito Federal, onde a escola seria implantada, tem alta demanda por instituições de ensino, grande parte das crianças em idade pré-escolar que vive na região, atualmente não estuda. Segundo a Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD) de 2013/2014, feita na Região Administrativa SCIA/Estrutural, existem, aproximadamente, 4 mil crianças de até seis anos na cidade e nenhuma creche pública, a pesquisa indica também que existem cerca de 3.500 crianças desta faixa etária fora da escola.

Trata-se de uma das regiões mais pobres do Distrito Federal, grande parte de sua população é formada por catadores de lixo que tem como fonte de renda o “lixão”, localizado nas proximidades da Cidade Estrutural e do Parque Nacional de Brasília, onde teve início o processo de formação do assentamento. Muitas das moradias ainda são do tipo “barraco” e a cidade possui péssimas condições de saneamento básico, educação, saúde, segurança e infraestrutura.

Neste sentido, a construção de uma creche e pré-escola pública na área central dessa região administrativa pode representar uma transformação na vida das famílias que moram ali. Com a possibilidade de deixar os filhos aos cuidados da instituição, mães e pais teriam mais oportunidades de trabalhar e aumentar a renda familiar. Além disso, sabe-se que muitas destas famílias não contam com a figura paterna e, portanto, as mães têm o desafio de trabalhar, sustentar a família e cuidar dos filhos. Por isso, acredita-se que a Casa de Brincar apresentaria um impacto na qualidade

de vida da população local.
Em resposta à preocupação ambiental, resolveu-se explorar técnicas de arquitetura sustentáveis e fazer uso de materiais com baixo impacto ambiental. Assim, no desenvolvimento do projeto estudaram-se parâmetros de projeto de arquitetura e urbanismo para humanizar e "ecologizar" os espaços escolares bem como metodologias pedagógicas que tenham em seus fundamentos a relação da criança com o espaço de aprendizagem. A concepção do projeto teve como fundamentos os princípios da Permacultura, método de planejamento de sistemas – comunidades ambientalmente sustentáveis, socialmente justas e economicamente viáveis. Os edifícios que compõe o projeto da escola foram pensados em arquitetura de terra, tijolos de solo-cimento, estruturas em madeira e bambu, e os espaços entre os edifícios bem arborizados, contemplando as árvores existentes. São cuidados quanto à questão do impacto ambiental da construção e à possibilidade de permitir que as crianças tenham um maior contato com a natureza, fator tão importante para seu desenvolvimento saudável.
Este projeto foi submetido à V edição da Bienal de Sustentabilidade José Lutzenberger, realizado no âmbito do EUROELECS 2015, o Concurso Latino-Americano e Europeu de Ideais de Projeto para um Ambiente Construído Mais Sustentável, cujo tema foi "Escolas mais sustentáveis" e obteve o primeiro lugar na categoria estudante.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a metodologia de processo de projeto arquitetônico de uma escola infantil intitulada "Casa de Brincar", que tem a criança como protagonista e principal usuário de um ambiente saudável, adequado ao seu desenvolvimento. Baseada em metodologias pedagógicas com a Waldorf, Montessori e Reggio Emilia e em seguida os parâmetros de projeto para edifícios escolares desenvolvidos por Kowaltowski (2011) e os padrões de organização desenvolvidos por Alexander (1977) e McLennan (2013), bem como dos princípios da Permacultura (1978) e da ecoconstrução (Sattler, 2008). Além disso, o projeto teve como parâmetros os critérios de avaliação dos trabalhos do concurso da V edição da Bienal de Sustentabilidade José Lutzenberger International, baseado no "Living Future Institute" (Living Building Challenge 3.0, 2014). Pretende-se aqui contribuir para a temática da educação infantil no âmbito do Euro-Elecs 2017, com reflexões sobre a relação estabelecida entre a criança e o lugar, destacando a importância de um projeto arquitetônico desenvolvido para atender as necessidades infantis.

3. MÉTODO

Para o desenvolvimento do projeto arquitetônico da Casa de Brincar buscou-se aplicar metodologias voltadas ao usuário final e favoráveis à resolução dos problemas pretendidos com a execução desta escola. Para isso, fez-se um compilado de estratégias metodológicas que compuseram o processo projetual, a maioria utilizada pelo grupo Periférico da FAU/UnB[3].
Pesquisou-se uma variedade de programas pedagógicos e projetos arquitetônicos, através de diversos estudos e visitas de campo, que serviram de referência para a elaboração da Casa de Brincar. Ainda, outras metodologias foram empregadas para possibilitar que o projeto cumprisse com os objetivos pré-estabelecidos de conformar um ambiente com responsabilidades ambientais, sociais e pedagógicas, para tanto aplicou-se os princípios da Permacultura baseados em Molisson (2007) e da ecoconstrução baseados em Sattler (2008), integrados à metodologia de Alexander et

[3] O grupo Periférico da FAU/UnB é coordenado pela professora Liza Maria Souza de Andrade. O Periférico busca trabalhar com temas marginais, pouco abordados nos cursos de arquitetura e urbanismo de forma emergente, envolvendo as comunidades na participação da elaboração de projetos de arquitetura e urbanismo nos Trabalhos Finais de Graduação, visando melhorar a atuação dos arquitetos na produção do ambiente construído.

al (1977) sobre uma “linguagem de padrões”, que foi adotada no processo participativo, metodologia utilizada pelo grupo Periférico com o intuito de envolver a comunidade local no desenvolvimento do projeto, visando a compreensão de suas necessidades e demandas. Assim, a partir da escolha consciente dos métodos foi possível alcançar o resultado desejado, um projeto definido por um tripé de diretrizes formado pelo pilar social, o educacional e o da sustentabilidade. Tais métodos serão detalhados a seguir.

3.1 Revisões de referências e metodologias pedagógicas

Para o bom entendimento da relação edifícios escolares e pedagogia, e com o objetivo de apreender como explorar o espaço físico em quanto elemento educador, investigou-se algumas experiências e conceitos considerados transformadores no âmbito da educação, estudou-se as pedagogias *Waldorf, Montessori* e *Reggio Emilia*, as experiências da Escola da Ponte, em Portugal, do Projeto Âncora, em Cotia, São Paulo e o do Centro Popular de Cultura e Desenvolvimento, em Minas Gerais, além dos conceitos de “Espaço Educador”, “Educação Integral” e “Ensino Personalizado”.
Para orientar como seria o projeto do espaço físico para essa nova educação buscou-se referências em projetos arquitetônicos que também se afastassem do convencional (predominante atualmente) e que tivessem viés sustentável ou um projeto centrado na criança. Foram analisados os projetos da *Green School*, em Bali, Indonésia, da *METI School*, em Rudrapur, Bangladesh, do Jardim de infância *Forfatterhuset*, em Copenhagen, Dinamarca e do Jardim de Infância FUJI em Tokio, Japão. Todas essas referências serviram, de alguma forma, como inspiração para a criação da forma e da estética da Casa de Brincar.

3.2 Visita às escolas e creches de Brasília, e da Cidade Estrutural

Com o intuito de conhecer e definir como deve ser o programa de necessidades de uma escola infantil visitou-se algumas instituições educacionais em Brasília, novamente foram escolhidas as que possuem um modelo de ensino que se aproximasse ao planejado para a Casa de Brincar. Foram visitadas as instituições: Moara, escola *Waldorf*, *Affinity Arts,* que estimula o aprendizado através da expressão artística, Vivendo e Aprendendo, creche que fomenta a autonomia e liberdade dos alunos e a Creche Alecrim, que se sustenta por meio de doações e localiza-se na Cidade Estrutural. Conhecer os espaços físicos de cada uma dessas escolas contribuiu para ter melhor entendimento dos parâmetros de projeto voltados para a realidade brasileira, quais tamanhos os ambientes apresentariam e como seria sua distribuição no terreno. Durante a primeira visita à creche Alecrim, na Cidade Estrutural, o objetivo principal foi identificar as necessidades e expectativas dos atores envolvidos como a diretora, as professoras e mães e pais presentes. Com o cuidado de deixá-los à vontade para revelar suas expectativas em relação ao projeto, analisando o anseio de cada membro da equipe.

3.3 Aplicação de Padrões de Projeto e princípios da permacultura

Para traçar as diretrizes que nortearam o projeto da Casa de Brincar seguiu-se a metodologia de linguagem de padrões desenvolvida por Alexander et al (1977), o autor estudou uma série de situações-problemas que costumam acontecer frequentemente em projetos arquitetônicos e desenvolveu soluções para elas, chamadas de “padrões de projeto”. Os padrões são derivados da observação de variados eventos reincidentes entrelaçados à geometria espacial no ambiente construído que geram uma linguagem que refletem um modo intemporal de construir (BARROS, 2009). Selecionou-se padrões do próprio Christopher Alexander presentes em seu livro “Uma linguagem de padrões”, além dos padrões apresentados no livro “Arquitetura Escolar” de Doris Kowaltowski que desenvolveu parâmetros para auxiliar em projetos de arquitetura escolar e ainda,

padrões selecionados do artigo “Planejamento centrado na criança” de McLennan (2013). Na visão de McLennan (2013), os projetos urbanos que têm a aplicação da linguagem de padrões de Alexander lhe poderiam ser muito útil, “afinal se vários lugares compartilham padrões comuns, como afirma Alexander, então comunidades voltadas para as crianças também devem revelar certos padrões que podem formar a base para esse tipo de planejamento”. Somou-se aos padrões de McLennan “as pétalas” do Living Building Challenge 3.0 (2014): as preocupações com o lugar, água, energia, saúde, materiais, equidade, estética, educação,

A Permacultura também foi um conceito que norteou o projeto. Os princípios da Permacultura estabelecidos pelos australianos Bill Mollisson e David Homgren nos anos 1970 integram uma metodologia para o desenho de comunidades humanas sustentáveis. Na Casa de Brincar, foram aplicados os seguintes princípios da flor da Permacultura: “Manejo da terra e da natureza” com as técnicas de jardinagem que serão utilizadas no espaço livre da escola, com as hortas e a mini floresta que serão plantadas, da “Cultura e educação” com as práticas pedagógicas que serão adotadas pela escola, da “Saúde e bem-estar espiritual”, pois serão ensinadas às crianças práticas que corroboram neste sentido, das “Ferramentas e tecnologias” com o manejo dos resíduos orgânicos e reciclagem e do “Espaço construído”, pois serão utilizadas técnicas de bioconstrução e bio-arquitetura. Na tabela 1 estão enumerados os padrões e princípios aplicados.

Tabela 1 – Lista de Padrões e Princípios aplicados ao projeto

1. Edificações conectadas - as edificações são conectadas por uma ponte no terraço;
2. Iluminação e ventilação natural;
3. Cavernas para as crianças - crianças adoram espaços restritos;
4. Terraços - jardins - o terraço é um teto verde;
5. Senso de perigo - é importante ter elementos nos quais as crianças possam testar os limites, com segurança. Na Casa de Brincar há diversos brinquedos que possibilitam isto;
6. Contato com a natureza – o projeto tem muita área verde, plantações, árvores e hortas;
7. Hortas, plantações e jardins de aprendizagem;
8. Espaços para atuações artísticas;
9. Pátios cheios de vida - através da entrada de luz natural, da vegetação e de elementos lúdicos se confere vida aos pátios;
10. Vistas internas e externas - oferecer vistas intrigantes e interessantes.
11. Transparência visual;
12. Elementos de sustentabilidade usados também como ferramenta de educação;
13. “Cave espaces” (espaço individuais) - espaços tranquilos para reflexão e brincadeira individuais;
14. Ambiente de ensino - toda a escola configura um ambiente de ensino, há elementos de aprendizagem e de estímulo à criatividade e autonomia em todo o espaço escolar, as salas são interligadas, formando um só ambiente, evitou-se quinas e cantos muito marcados, é fácil transitar entre as áreas externas e internas;
15. Espaços de aprendizagem informais;
16. Escola junto à via de pedestres – neste caso é uma via compartilhada;
17. Preocupação com o fechamento da área;
18. Entrada convidativa;
19. Entrada principal bem marcada e relacionada com a rua;
20. Acessibilidade – Não diferença de cota de nível em todo o projeto, solução favorável à acessibilidade de para deficientes físicos e visuais. O terraço pode ser acessado através de plataforma elevatória;
21. Pequenas escolas - onde a relação professor-aluno é mais íntima e humana.
22. Espaço para exposição de trabalhos;
23. Mobiliário desenhado na escala da criança;
24. Escala humana - Elementos proporcionais para que a criança não se sinta oprimida;
25. A criança e o sentar - Vários tipos de assentos espalhados pela escola;

26. Edificação principal mais destacada – a edificação principal destaca-se pelo telhado;
27. Conexão entre espaços internos e externos;
28. Assinatura local - Arquitetura que dialogue com os valores da escola;
29. Sistema de infraestrutura aparente usado como forma de educar;
30. Escola perto do parque – Neste caso, perto de um centro olímpico;
31. Conexão com a comunidade - A escola será aberta à comunidade;
32. Vista das crianças - elementos que respeitem a vista e altura delas;
33. Criança ativa na escola.

3.4 Processo Participativo e propostas alternativas

O processo participativo visou envolver o futuro usuário e a comunidade onde a escola seria inserida no centro do processo de concepção do projeto, assim a arquitetura foi definida em função das necessidades dos usuários. Adotou-se como atores principais as funcionárias e mães e pais de crianças de uma creche beneficente localizada na Cidade Estrutural, a Creche Alecrim, que cuida de 120 crianças cuja as famílias não podem pagar uma creche para os filhos. Eles especificamente não seriam os usuários da Casa de Brincar, mas, contextualmente, têm as mesmas demandas e necessidades dos pais dos alunos da futura creche (Figura 1).

Foram realizadas duas reuniões, na primeira (Figura 1) introduziu-se uma dinâmica com os padrões espaciais selecionados inicialmente para a Casa de Brincar, nela os participantes puderam escolher quais padrões gostariam que fossem aplicados ao projeto (Figura 2), e a partir deste exercício selecionou-se os padrões finais, citados na lista acima. Na segunda reunião (Figura 3) foram apresentadas quatro propostas de projeto, com aplicação dos padrões e foi pedido para que eles opinassem e escolhessem a que mais gostavam. Todas as opiniões apresentadas nas reuniões foram levadas em consideração no desenvolvimento do projeto.

Figura 1. Primeira reunião



Figura 2. Padrões escolhidos



Figura 3. Segunda reunião



Imagens: Elizabeth Braga.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do processo, por meio da metodologia aplicada, foi possível chegar ao resultado desejado, o projeto de um espaço escolar voltado para a aprendizagem e diversão, que estimula a autonomia, o “brincar” e o senso de responsabilidade na fase infantil, promovendo um desenvolvimento saudável em um ambiente construído com responsabilidades sociais e ambientais. As figuras 4 e 5 ilustram o projeto final da Casa de Brincar.

Figura 4. Imagem aérea do projeto



Autora: Julia Luna. Orientadora: Liza Andrade

Figura 5. Esquema aéreo do projeto



Autora: Julia Luna. Orietadora: Liza Andrade

Todos métodos utilizados foram essenciais para a configuração do espaço da Casa de Brincar. O aprendizado obtido pelo estudo das pedagogias influenciou diretamente nas decisões projetuais e respaldou a importância da preocupação com o ambiente escolar. Por exemplo, a metodologia pedagógica da Rede de Escolas Reggio Emilia da Itália tem o entendimento de que cada mente humana é multidisciplinar e tem o seu próprio método de conhecimento, sua forma de aprender, neste sentido, a tarefa do educador é a de estimular a expansão do método de cada criança. De maneira coerente com a proposta, o espaço escolar é construído de modo a favorecer o diálogo e o conhecimento compartilhado das crianças. Assim, entende-se que o espaço possui um papel importante na aprendizagem e que os alunos podem absorver ensinamentos através dele, portanto, os ambientes são projetados de maneira cuidadosa, eles expõem as crianças a uma série de experiências sensoriais e estimulam seu desenvolvimento saudável, tanto nas construções escolares quanto no acesso ao exterior.

McLennan (2013) defende no âmbito do espaço urbano o “planejamento centrado na criança”, considerando que os cidadãos mais importantes e vulneráveis da sociedade são as crianças e que o projeto desenvolvido para elas é o projeto ideal para todos, assim, se atendemos a necessidades dos mais vulneráveis, significa que conseguimos atender às necessidades de todos os demais integrantes da sociedade nas cidades. Ele ressalta que no ambiente projetado para criança encontra-se o apoio para o desenvolvimento humano, além de maximizar o potencial humano.

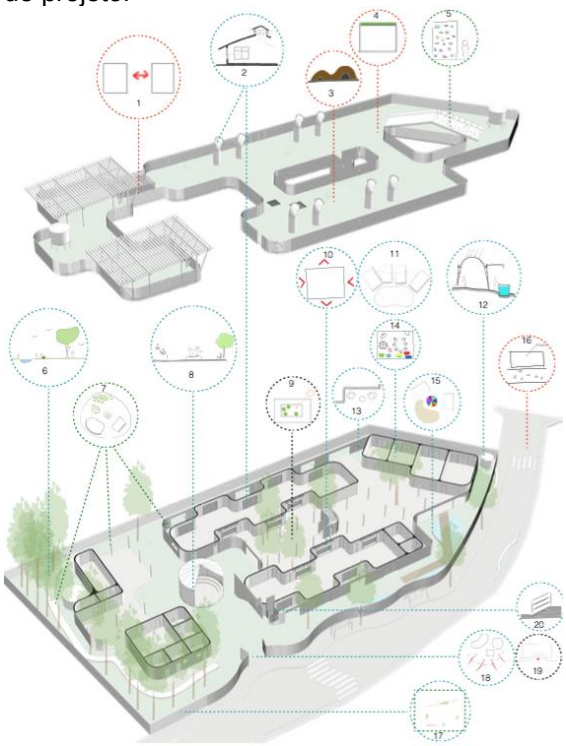
Na visão da pedagogia Waldorf é por meio de brincadeiras que as crianças aprendem, absorvem os ensinamentos, vivem e imitam os comportamentos dos adultos. O ambiente, nesta fase, deve estimular as mais diversas brincadeiras, a criatividade e liberdade para criar. Por isso, em encontro ao defendido por este método pedagógico, os espaços internos da Casa de Brincar são aconchegantes e com ambientes para as atividades em grupo e individuais, e os externos arborizados, para que as crianças tenham constante contato com a natureza.

As visitas às escolas de Brasília fundamentaram a definição do programa de necessidades, tamanho dos ambientes e quantidade de alunos e funcionários. O conhecimento de aspectos técnicos mínimos obrigatórios, como ambientes básicos, áreas e materiais exigidos deu-se através de cartilhas do Ministério da Educação, mas a determinação de fatores reais e importantes para o conforto ambiental fundamental em uma instituição de ensino, ocorreu depois da compreensão da realidade das escolas infantis visitadas.

A aplicação dos padrões espaciais, definidos por Christopher Alexander, Doris Kowaltowski e McLennan, foi responsável pela incorporação de uma série de elementos presentes no projeto, desde fatores subjetivos, como o desenvolvimento de um estilo arquitetônico compatível com os valores da escola, até aspectos pontuais como a escolha dos brinquedos instalados e o terraço-jardim. Resoluções determinantes para a configuração espacial do projeto, como optar por desenhar

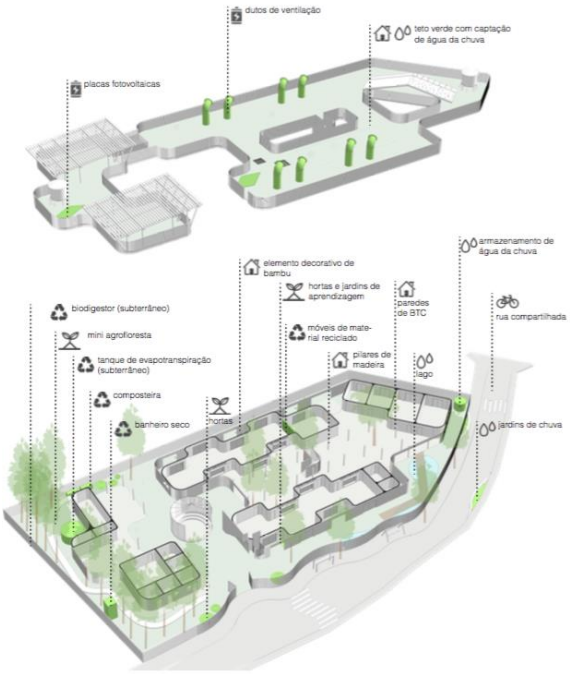
dois edifícios hierarquizados e conectados, e empregar instalações aparentes, foram tomadas com base nos padrões de projeto. As figuras 6 e 7 ilustram a aplicação dos padrões.

Figura 6. Esquema que ilustra a aplicação de padrões de projeto.



Autora: Julia Luna. Orientadora: Liza Andrade

Figura 7. Esquema com elementos de sustentabilidade e permacultura.



Autora: Julia Luna. Orientadora: Liza Andrade

A Permacultura exerceu um papel essencial na seleção e definição dos materiais e métodos construtivos e, em conjunto com os estudos de Sattler (2008), auxiliou na aplicação das técnicas de bioconstrução empregadas no projeto. Além disso, foi decisivo no âmbito energético, determinando o uso de placas fotovoltaicas e instalação de elementos que facilitassem a iluminação e ventilação natural, bem como no que se refere ao manejo de águas, orientando a implantação de sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais. Resoluções relacionadas à gestão de resíduos também foram tomadas com base em princípios permaculturais, como a inserção de composteiras, biodigestores, tanque de evapotranspiração e banheiro seco, artefatos que também configuram componentes educativos. E por último, estes princípios ainda conduziram decisões que delinearam o desenho da área externa da escola e que são, principalmente, relativas à alimentação, como a plantação de hortas e agrofloresta.

Finalmente, é notável o valor do processo participativo para este projeto, sem esta etapa o resultado final não responderia tão bem às exigências e anseios da população local. O produto Casa de Brincar se enquadra ao contexto local, a nível estético, funcional e social, graças às reuniões realizadas, nas quais os participantes puderam expor seus desejos. Desta forma, entende-se que o processo metodológico escolhido foi primordial para o alcance do resultado desejado e, apesar de um tanto complexo e heterogêneo, mostrou-se satisfatório e efetivo.

O Edital da V edição da Bienal de Sustentabilidade José Lutzenberger para “Escolas Mais

Sustentáveis" com "as pétalas" do Living Building Challenge 3.0 (2014), as preocupações com o lugar, água, energia, saúde, materiais, equidade, estética, educação, funcionou como um *check list* no final para verificar a totalidade da aplicação dos parâmetros de projeto.

5. CONCLUSÃO

Apesar de constituir um trabalho de conclusão de curso, o desenvolvimento deste projeto resultou em uma experiência interessante, tanto acadêmica como para a comunidade, resultado do processo participativo, que visou envolver a população local interessada na construção de creches e escolas, no desenvolvimento do projeto da Casa de Brincar. Levou-se em consideração suas demandas e necessidades, o que foi fundamental para que o produto final fosse uma escola que atendesse as carências do entorno onde seria inserida. A associação das duas principais estratégias metodológicas deste projeto – a aplicação dos padrões (incluindo os princípios da permacultura), e o processo participativo – foi enriquecedora para o desenvolvimento e essencial para a realização de um projeto factível com as condições reais às quais ele seria submetido caso fosse construído.
Espera-se que a realização deste projeto, a nível local, indique às autoridades a necessidade de implantação de equipamentos educacionais na Cidade Estrutural e do envolvimento da comunidade nos projetos do governo. A nível global, acredita-se que pode servir como exemplo de espaço, que preza pelo bem-estar e autonomia da criança, para novas escolas que surjam com o anseio por uma educação infantil mais humanizada e com a preocupação com seu ambiente construído. Com relação a este artigo, tem-se a expectativa de que contribua para a discussão sobre o papel pedagógico da arquitetura escolar.
Uma decorrência significativa desta experiência foi a premiação do projeto da Casa de Brincar no Concurso de Ideias de projeto de "escolas mais sustentáveis", na categoria estudante da V Bienal José Luztemberger do Euro-Elecs, em Guimarães, Portugal, em 2015. Este premio representa o reconhecimento da qualidade do projeto e, consequentemente, da importância de introduzir o usuário no processo de projetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFA. *Academy of Neuroscience for Architecture* San Diego, EUA. 2013. Disponível em: http://www.anfarch.org/. Acesso em: 11/10/2016.

ALEXANDER Christopher. [et al.]. Uma linguagem de padrões: a Pattern Language. Porto Alegre: Bookman. 2013. 1215p.

BARROS, Raquel Regina Martini Paula. Habitação coletiva: a inclusão de conceitos humanizadores no processo de projeto. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2008.

KOWALTOWSKI, Doris. Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 272 p.

MCLENNAN, Jason. F. Child-centered planning. Seattle, EUA: Revista Trim Tab. 2013.

MOLLISON, Bill. Fundamentos da Permacultura. Victoria, Australia: Holmgren Design Services, 2007. 27 p.

MOLLISON, Bill e HOLMGREN, David. Permaculture one: A Perennial Agriculture for Human Settlements. Tasmania, Australia: Tagari Publications. 1978. 130p.

SATTLER, Miguel Aloysio. Habitações de Baixo Custo mais Sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis. Coleção Habitare / FINEP. Porto Alegre, 2007.

V BIENAL JOSÉ LUTZEMBERGER. Escolas Mais Sustentáveis. Edital Concurso de Ideias. In: EURO-ELECS 2015, Guimarães. Portugal, 2015. Disponível em http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/en/Design-Competition.php. Acesso em: 17/03/2017.

449. SUSTENTABILIDADE URBANA E CIDADANIA: INTEGRAÇÃO MULTIDISCIPLINAR ENTRE UNIVERSIDADE E EDUCAÇÃO BÁSICA

KALIL, Rosa M. L.[*1](kalil@upf.br); GELPI, Adriana[2] (gelpi@upf.br); OLVEIRA, Wagner M. de[3] (wagneroliveira@upf.br); FENGLER, Jaqueline B.* [4] *(141900@upf.br); CENCI, João H.* [5] *(141903@upf.br);*

[*]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[2]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[3]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[4]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[5]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil

RESUMO
Dentre as dimensões da educação universitária está a integração entre ensino, pesquisa e extensão. No entanto, há dificuldade em desenvolver ações extensionistas a partir da pós-graduação, que tem o foco predominante na pesquisa e produção científica. As agências de fomento Fapergs e Capes propuseram edital de iniciação científica envolvendo curso de pós-graduação e escolas de educação básica, contemplado pelo Programa de pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UPF. A proposta enfocou o tema do planejamento urbano e da sustentabilidade como caminhos para a educação e a cidadania em Passo Fundo, RS. Este trabalho apresenta os resultados da pesquisa participativa envolvendo alunos e professores de escolas de ensino básico e estudantes e pesquisadores da universidade buscando na integração interdisciplinar, contribuir para a qualificação do processo educacional, dinamizada junto à comunidade. As atividades objetivaram integrar, trabalhar e divulgar conceitos para a comunidade de escolas parceiras em bairros periféricos de Passo Fundo: a escola Guaracy Barroso Marinho e a Escola Jardim América. A metodologia ocorreu em primeira etapa na universidade e nas escolas (seminários, apresentações e oficinas sobre planejamento urbano e sustentabilidade), e na segunda houve levantamento de campo (reconhecimento, documentação e análise dos elementos urbanos) e proposição de melhorias. A pesquisa participativa resultou na conscientização da comunidade sobre a cidadania e o direito à cidade, na aquisição de conhecimentos sobre o planejamento urbano, sustentabilidade e formação crítica sobre os processos urbanos. Aos acadêmicos, a vivência em comunidade alertou para as reais necessidades e demandas de projetos de intervenção urbana, os alunos das escolas capacitaram-se um olhar crítico sobre o espaço urbano em que vivem. A interação universidade/escola demonstrou a carência da difusão de conhecimento em nível comunitário, deixando claro que a universidade pode ter um maior alcance social e científico ao integrar a educação básica à sua metodologia de ensino.
Palavras-chave: planejamento, sustentabilidade, periferia urbana, integração universidade-educação básica.

URBAN SUSTAINABILITY AND CITIZENSHIP: MULTIDISCIPLINARY INTEGRATION BETWEEN UNIVERSITY AND BASIC EDUCATION

ABSTRACT
Among the dimensions of university education is the integration between teaching, research and extension. However, there is difficulty in developing extensionist actions from the postgraduate level,

which has the predominant focus on research and scientific production. The development agencies Fapergs and Capes proposed a scientific initiation notice involving a postgraduate course and schools of basic education, which is covered by the UPF Civil and Environmental Engineering Postgraduate Program. The proposal focused on the theme of urban planning and sustainability as ways of education and citizenship in Passo Fundo, RS. This paper presents the results of the participatory research involving students and teachers of elementary schools and students and researchers of the university seeking interdisciplinary integration, contribute to the qualification of the educational process, dynamized with the community. The activities aimed at integrating, working and disseminating concepts to the community of partner schools in peripheral neighborhoods of Passo Fundo: the Guaracy Barroso Marinho School and the Jardim América School. The methodology was first stage in the university and in schools (seminars, presentations and workshops on urban planning and sustainability), and the second was field survey (recognition, documentation and analysis of urban elements) and improvement proposals. Participatory research has resulted in the community's awareness of citizenship and the right to the city, in the acquisition of knowledge about urban planning, sustainability and critical training on urban processes. To the academics, the experience in community alerted to the real needs and demands of urban intervention projects, the students of the schools enabled themselves a critical look on the urban space in which they live. The university / school interaction demonstrated the lack of knowledge dissemination at the community level, making it clear that the university can have a greater social and scientific reach when integrating basic education with its teaching methodology.
Keywords: Planning, sustainability, urban periphery, university-basic education integration.

1. INTRODUÇÃO

O trabalho apresenta a implementação do projeto de pesquisa intitulado “O Planejamento Urbano e a Sustentabilidade como Caminhos para a Educação e a Cidadania, em Passo Fundo/RS” inserido na proposta da CAPES/FAPERGS para o Programa de Iniciação em Ciências, Matemática, Engenharias, Tecnologias Criativas e Letras – PICMEL, onde se vinculam Programas Universitários de Pós-graduação a comunidades acadêmicas docentes e discentes, do ensino básico público brasileiro. Pois se constata que no país, apesar das conquistas científicas e tecnológicas já alcançadas, as mesmas não têm se revertido na socialização do conhecimento, verificando-se, no início do terceiro milênio, o baixo nível da escolaridade do povo brasileiro. Conclui-se então, que os conhecimentos técnicos desenvolvidos pela comunidade científica não estão beneficiando boa parte da comunidade, sendo que esta ignorância, ao mesmo tempo, impede mais avanços em relação ao próprio desenvolvimento científico.

A proposta aborda a pesquisa em urbanismo e sustentabilidade como caminhos para educação e cidadania. Envolveu alunos e professores de duas escolas públicas municipais de ensino básico denominadas Escola Municipal de Ensino Fundamental Guaracy Barroso Marinho no bairro José Alexandre Zácchia e Escola Municipal de Ensino Fundamental Jardim América, no bairro de mesmo nome, localizadas na periferia urbana (Fig. 1).

Figura 1. Localização das áreas participantes da pesquisa



Fonte: adaptado de Google Maps. Acesso em: 10/12/2016

Como estudo de caso, verificam-se as diretrizes que norteiam o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Passo Fundo e selecionadas para a pesquisa estão implantadas nas áreas de estudo, contemplando princípios de sustentabilidade. Tem-se como desafio inicial, integrar, trabalhar e divulgar conceitos de planejamento e de sustentabilidade urbana para a comunidade, acadêmicos e professores do ensino público básico do Município de Passo Fundo buscando na integração interdisciplinar, contribuir para a qualificação do processo educacional. Na sequência dos trabalhos, propõe reconhecer, analisar e interpretar de que forma está acontecendo à expansão urbana da cidade frente ao planejamento sob a égide e diretrizes de sustentabilidade preconizada pelo Estatuto da Cidade (2001) e propostas no plano diretor, inserindo e conscientizando jovens estudantes nas questões urbanas, ambientais e de cidadania. O trabalho tem como temática a pesquisa participativa sobre planejamento urbano, sustentabilidade e educação para a cidadania. Justifica-se pela urgência de desenvolvimento de ações especiais que promovam a articulação da graduação e da pós-graduação com a melhoria da qualidade da educação básica.

2. OBJETIVO

A pesquisa buscou como objetivo principal inserir alunos, professores e escolas públicas de ensino fundamental numa pesquisa voltada às áreas de Engenharia e Ciências Sociais Aplicadas, envolvendo comunidades localizadas em áreas periféricas e carentes da cidade de Passo Fundo. Através dessa pesquisa foi possível a integração entre o Programa de Pós-Graduação em Infraestrutura e Meio Ambiente, o Laboratório de Estudos Urbanos e Regionais e o curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Passo Fundo. Como outros objetivos gerais tem-se a apresentação e análise do planejamento da organização do território que o PDDI de Passo Fundo (2006) propõe para o município, e em especial para as zonas pesquisadas. Foi elencado também com um dos objetivos a verificação se as diretrizes de planejamento identificadas nas áreas de estudo apresentavam aspectos de sustentabilidade urbana.

Como objetivos específicos buscou-se trabalhar, esclarecer, divulgar, e pesquisar questões relativas à cidade, ao planejamento urbano e a sustentabilidade; buscou-se analisar em grandes rasgos, as diretrizes do plano diretor para município de Passo Fundo e para as áreas selecionadas, onde foram identificados tópicos relativos à organização do território, índices construtivos e aspectos de sustentabilidade urbana; em pesquisa de campo buscou-se mapear, registrar gráfica e digitalmente a paisagem urbana local, assim como documentar áreas de risco e potencialidades para o desenvolvimento sustentável dessas áreas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com o relatório da CAPES (Brasil, 2010) o desenvolvimento científico das últimas décadas influenciou temas importantes para a humanidade, como a preservação do meio ambiente, a multiplicação dos recursos alimentares, os avanços da medicina, a sustentabilidade e a mobilidade urbana, a socialização dos meios de comunicação e a melhoria da qualidade de vida. Mas o documento coloca que o desenvolvimento, que beneficia a qualidade de vida das pessoas precisa ser monitorado, garantindo melhorias objetivas e maior amplitude social na sua aplicação. Isso significa um novo contrato entre ciência e sociedade, na intenção de garantir que o progresso científico conquistado seja dirigido para a efetiva resolução dos problemas que afetam a humanidade, envolvendo todos os seguimentos da população.

Constata-se que no país, apesar das conquistas científicas e tecnológicas já alcançadas, as mesmas não têm se revertido na socialização do conhecimento, pois se verifica, no início do terceiro milênio, o baixo nível de escolaridade do povo brasileiro. Conclui-se então, que os conhecimentos técnicos desenvolvidos pela comunidade científica não estão beneficiando boa parte da comunidade, sendo que esta ignorância, ao mesmo tempo, impede mais avanços em relação ao próprio desenvolvimento científico.

Neste sentido, estudos da CAPES, Brasil (2010) abordam a implementação de ações que promovam à articulação dos programas de pós-graduação com a melhoria da educação básica buscando a integração interdisciplinar destas instituições. Pois se acredita que a preocupação de instâncias do ensino superior como o Sistema Nacional de Educação e da Pós-graduação possam contribuir significativamente para a qualificação da educação do país.

Mas além da educação, no Brasil do século XXI, o direito à cidade, aos espaços construídos sustentáveis e a vida com qualidade urbana também é uma conquista de muito poucos. Maricato (2001) coloca que nas cidades, o acesso aos espaços de moradia é restrito, e que as políticas sociais são insuficientes para atender à maioria da população. Neste cenário, geralmente sobra às comunidades carentes, as alternativas de moradia ilegais ou informais.

Numa obra mais recente, intitulada “O impasse da política urbana no Brasil” (2011), Maricato aborda exatamente a preocupação que nos leva a proposição deste trabalho, ou seja, que a construção de um novo paradigma sobre as cidades exige uma mudança cultural. Ela coloca que para combater o analfabetismo urbanístico (2011, p. 45) é necessária uma campanha pedagógica especialmente destinada a funcionários públicos, lideranças sociais, profissionais, sindicais e acadêmicas, como estudantes, jornalistas e intelectuais. A autora prossegue no texto afirmando que “conhecer a realidade das cidades brasileiras e a realidade específica de cada cidade exigiria ainda, a incorporação do tema como matéria escolar do ensino fundamental”.

Em relação à área de pós-graduação Engenharias I, na qual está inserido o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UPF, “a interação com o Ensino Médio e Fundamental” (CAPES, 2013), pode ser ampliada pela proposição deste projeto de pesquisa conjunto entre pesquisadores e alunos da universidade e professores e alunos do Ensino Fundamental.

A área de concentração de Infraestrutura e Meio Ambiente do mestrado acadêmico da UPF contempla a temática da urbanização e sustentabilidade, especialmente na Linha de Pesquisa Planejamento Territorial e Gestão da Infraestrutura. Esta linha de pesquisa “aborda temas relativos à compreensão do processo de ocupação do território, bem como ao planejamento, gestão e projeto de sua infraestrutura e do meio ambiente, com vistas à qualificação da relação entre o ambiente natural e o ambiente construído, numa perspectiva de desenvolvimento sustentável e qualidade de vida das populações”. (UPF, 2014).

A relação ciência-sociedade existirá somente se os cidadãos possuírem formação e cultura científica que lhes permita compreender e administrar o cotidiano, sendo capaz de tomar decisões com base nos seus próprios conhecimentos, pois a cidadania requer conhecimentos da ciência. Isto propõe desafios: por um lado necessitamos ampliar a base científica para acompanhar o desenvolvimento científico que acontece no mundo, por outro lado, necessitamos que estes conhecimentos sejam colocados ao alcance de todos os cidadãos brasileiros.
Integrando os desafios da proposta de planejamento, educação e cidadania, Volkmer (2005) observa que os estudos dos temas transversais e as discussões sobre os programas curriculares nas escolas podem permitir o conhecimento, a valorização do patrimônio e o exercício da cidadania. Estas prerrogativas, instituídas pelo MEC são portas abertas que convidam a introdução de interessantes discussões sobre o patrimônio construído.
Em relação às cidades e ao espaço construído, Soares (2005) refere-se às experiências educativas, que devem ter por objetivo incentivar o posicionamento crítico nas comunidades, estimulando a reflexão e o pensar sobre o patrimônio cultural. As atividades de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidas devem ter como meta elucidar conceitos, conscientizar sobre a importância do patrimônio para a memória social das gerações, sem exclusões e discriminações. Para compreender-se como cidadão é preciso entender e respeitar o espaço circundante, estabelecendo as diferentes relações sociais, regionais e mundiais, levando-se em conta o tempo e o conjunto de suas representações.
Considerando a cidade como ecossistema, Agyeman (2003, p. 452) entende que “educação de ecossistema urbano deve buscar se tornar parte de um largo e duradouro processo de aprendizagem que ajuda pessoas a antever e definir o que são comunidades e cidades sustentáveis em curto e longo prazo”.

4. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia buscou adotar o conceito de ciência cidadã, conforme desenvolvido por Irvin (1995) apud Agyeman (2003, p. 457), como um componente do movimento para comunidades sustentáveis e como objetivo a longo prazo. Uma abordagem para ciência e expertise que ofereça ao menos o potencial para um diálogo entre grupos científicos e de cidadãos.
A participação da população leva tempo e pode ser de várias modalidades. Como exemplos Agyeman (2003, p. 457-462) relata atividades com estudantes de Detroit que abordaram problemas na sua área residencial (crime, drogas, poluição, casas precárias e outros) e atividades com mulheres oriundas de população asiática em Bradford no Reino Unido, que cultivaram hortas misturando plantas blangladeshi e britânicas. O autor concluiu que para ajudar pessoas a construir, transformar, criticar, emancipar seus mundos para comunidades e cidades sustentáveis, deve-se começar no local onde eles estão. As agendas de pesquisa participativa, onde o professor [pesquisador] é co-aprendiz e o aprendiz é co-pesquisador, desenvolve uma pedagogia de aprendizagem robusta para professores, pesquisadores e outros envolvidos em educação dos ecossistemas urbanos para constituir o desenvolvimento de comunidades e cidades sustentáveis.
Como se trata de abordar as cidades para as pessoas, tomou-se também como base a abordagem de Harrison e Burguess (2003, p. ix) na qual as ferramentas educativas relevantes devem considerar: (1) a complexidade das cidades; (2) a natureza dinâmica das cidades como lugares onde a mudança é a norma e guiada por uma multiplicidade de forças e condições interagindo; (3) o papel vital desempenhado pelas relações espaciais, humanas e outros distúrbios e influências históricas no ambiente urbano.
A metodologia de pesquisa ocorreu em duas etapas: a primeira em gabinete na universidade e nas escolas, e na segunda etapa conta com levantamento de campo. A primeira etapa contou com

seminários de apresentação de temas referentes ao planejamento urbano, integração entre alunos da escola e acadêmicos do Curso de Arquitetura e Urbanismo /UPF; desenvolvimento de oficinas sobre mapeamento do município e da cidade de Passo Fundo, identificando as diretrizes que norteiam o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado; a localização da escola e dos elementos urbanos referenciais da cidade A segunda etapa tratou do reconhecimento e documentação de: a) paisagem urbana do bairro, ; b) formas de parcelamento e do uso do solo urbano, c) disponibilidade de equipamentos comunitários e de serviços, d) mobilidade urbana, e) infraestrutura urbana de saneamento, f) sistematização, análise e interpretação dos dados obtidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa teve como resultados ações de conscientização da comunidade sobre a cidadania e o direito à cidade, assim como conhecimentos sobre o planejamento urbano, noções de sustentabilidade e formação crítica sobre os processos de conformação urbana. Para os acadêmicos da UPF, a vivência em comunidade alertou para as reais necessidades que um projeto urbano deva abordar. Ao mesmo tempo, os alunos das escolas municipais foram capacitados a ter um olhar crítico sobre o espaço urbano em que vivem.

5.1 Resultados a partir do diagnóstico feito pelos alunos

A análise do bairro foi um trabalho baseado nos elementos de estruturação urbana de Kevin Lynch. Nos fatores da paisagem urbana a analisados foram adotados os itens de análise de legibilidade urbana proposta por Kevin Lynch (1997) que considera vias, bairros, limites, nós e marcos, inserindo questões de sustentabilidade e cidadania. Foi realizado um percurso urbano da residência dos alunos até à escola, com a identificação dos elementos marcantes e simbólicos existentes no percurso no bairro e também se os mesmos estavam relacionados com outros espaços da cidade. Foi feita a identificação e localização destes elementos urbanos nos mapas locais e no mapa do município. No bairro, os alunos se detiveram na identificação do lote onde se encontra a residência de cada um, analisando as áreas permeáveis e as áreas construídas. Para tanto, novas metodologias foram propostas, com respostas gráficas através de desenhos e colagens. No lote da residência de cada aluno foi analisada a implantação da unidade habitacional, verificando a existência de áreas permeáveis ou não. Trabalhou-se a importância das áreas permeáveis no lote, no bairro e na área urbana. Foi trabalhado também, em relação à implantação da residência no lote, formas de expressão gráfica da cobertura e desenvolvimento de cálculos, para verificar a área construída impermeável, a proporção desta área, e a relação entre uma área e outra, somando conceitos e expressões numéricas ao trabalho. Grande interesse dos alunos e realização pessoal, na compreensão do desafio (Fig.2).

Figura 2. Oficinas sobre planejamento urbano e sustentabilidade



Fonte: os autores

5.2 Resultados baseados na proposta urbana elaborada pelos alunos

Após os estudos sobre os temas relacionados a inserção urbana, e levando em consideração o diagnóstico urbano realizado pelos próprios alunos, foram desenvolvidas atividades com o intuito de desenvolver a formação crítica e a capacidade dos alunos em propor melhorias urbanas e sociais para o seu bairro. Cada aluno, depois de observar a falta de equipamentos urbanos e áreas de lazer no bairro, desenvolveu em caráter esquemático o projeto do que gostaria que o seu bairro tivesse, dentre os principais elementos propostos estão: praças e parques; equipamentos esportivos: quadras, pistas de skate; equipamentos culturais: cinemas, áreas para apresentações artísticas; espaços para a vida em sociedade: tribuna social (Fig. 4).

5.3 Instrumentalização: a universidade e a inserção comunitária

Para o fechamento das atividades, houve a integração das duas escolas através de um percurso urbano, identificando os pontos localizados nos mapas e após, atividades na Universidade de Passo Fundo. Nas dependências da universidade, houve a vista ao Museu Zoobotânico, apresentando o projeto do Museu e as exposições desenvolvidas no local: “Biodiversidade: Preservação do Ser Humano”, “Ecossistemas do Brasil” (Fig. 3). Depois os alunos foram encaminhados a dois laboratórios de informática da FEAR – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, onde auxiliados por monitores, desenvolveram ou deram sequência à OFICINA DE SKETCHUP já iniciada, precariamente, nas escolas: 1 - Para o pleno desenvolvimento desta atividade, com 30 alunos das escolas municipais, foram convidados alunos do Curso de Arquitetura e Urbanismo para auxiliar e tutorar a tarefa; 2 - O encanto dos alunos convidados e dos próprios monitores foi tão grande, que a atividade mereceu ser reportada na página web da instituição; 3 - A oficina contou com a presença de oito monitores, os quais auxiliaram as turmas no aprendizado do programa e no desenho de uma pequena residência e seu entorno.

Figura 3. **Visita à UPF**



Fonte: os autores

Figura 4. **Visita à Câmara de Vereadores**



Fonte: os autores

5.4 Socialização: as questões de cidadania e participação popular

As atividades desenvolvidas durante todo o processo de trabalho de pesquisa culminaram num momento ápice: a visita dos alunos à Câmara de Vereadores do município de Passo Fundo. A visita contou com entrevista de uma vereadora, a qual explanou sobre as atividades da vereança e a importância da participação popular na gestão e no cuidado às cidades; Após a palestra e entrevista com a vereadora e a partir dos conceitos, análises e diagnóstico realizado pelos alunos em cada bairro, houve a participação dos mesmos, na TRIBUNA POPULAR, a convite da vereadora. No momento da tribuna popular, a professora e um aluno de cada bairro colocaram as necessidades informadas pelos demais colegas aos representantes dos vereadores (Fig.4).

5.5 Internacionalização: o compartilhamento de conhecimento e cultura

No segundo semestre do desenvolvimento da pesquisa, houve a participação de alunos intercambistas vindos da Argentina. Nos encontros semanais, os intercambistas que pertenciam aos cursos de arquitetura e urbanismo e engenharia civil, auxiliavam nos ensinamentos de conceitos urbanos, assim como se inteiravam sobre o panorama urbano das áreas periféricas da cidade de Passo Fundo. Aproveitando a participação especial dos intercambistas argentinos no trabalho, foi proposto desenvolver nas escolas, com foco nos alunos do nono nível, uma “HORA ARGENTINA”, quando os alunos estrangeiros teriam como compromisso, fazer uma pequena palestra sobre seu país de origem, a Argentina. Alunos argentinos preparam uma pequena apresentação multimídia sobre o país, a cultura, os costumes, a alimentação, os jogos, a bandeira e naturalmente os esportes.

5.6 Potencialidades e fragilidades da pesquisa

Como potencialidades observou-se a participação das escolas municipais, tanto por seus professores quanto pelos alunos, que demonstram avidez por metodologias mais ativas e pela interação com os estudantes universitários. O percurso no bairro e o percurso urbano realizado com o conhecimento dos referenciais acerca de planejamento urbano, sustentabilidade e cidadania, trouxe conscientização aos participantes. No ano seguinte uma das escolas desenvolveu projeto de sustentabilidade no bairro, adotando a mesma metodologia de visitas guiadas e registros fotográficos das questões urbanas. A outra escola solicitou e terá desenvolvido projeto de educação

ambiental e organização de espaços paisagísticos no pátio escolar. Em relação aos alunos universitários, houve desenvolvimento de trabalho final de graduação de reestruturação de um dos bairros periféricos, tomando como base preliminar o diagnóstico realizado durante o projeto de pesquisa. Desta forma, a proposta cumpriu objetivo de conscientizar e de despertar a atenção para as questões de planejamento urbano e sustentabilidade.
Como fragilidades, o projeto abrangeu um número limitado de escolas e de estudantes, não tendo previsão de continuidade. O tempo reduzido de menos de um ano letivo, e a necessidade de atendimento aos cronogramas escolar e universitário, também reduziu o prazo de desenvolvimento das atividades.

6. CONCLUSÃO

A pesquisa tem como resultados o atendimento aos objetivos do edital, de integração entre a universidade e a educação básica. Também atenderam aos objetivos da proposta de conscientização da comunidade sobre a cidadania e o direito à cidade, assim como conhecimentos sobre o planejamento urbano, noções de sustentabilidade e formação crítica sobre os processos de conformação urbana. Com a análise das diretrizes urbanas do PDDI, foi possível uma maior compreensão sobre as políticas públicas às áreas periféricas da cidade, podendo assim elencar a qualidade de vida urbana através do conceito de sustentabilidade, e quais as potencialidades para aplicação de uma infraestrutura urbana sustentável. Para os alunos do ensino fundamental envolvidos nesse processo de investigação e instrumentalização urbana, houve uma significativa evolução no que diz respeito à formação de cidadãos capazes de agir frente às necessidades de sua comunidade. Para os acadêmicos, a vivência em comunidade alertou para as reais necessidades que um projeto urbano deva abordar, dentro de princípios de sustentabilidade e cidadania.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGYEMAN, Julian. The contribution of urban ecosystem education to the development of sustainable communities and cities. In: BERKOWITZ, Alan R.; NILON, Charles H. HOLLWEG, Karen S. (Eds.) Understanding urban ecosystem: a new frontier for science and education. Cary Conference 8th 1999. N. York, Springer-Verlag, 2003. p. 450-464.

BRASIL. Estatuto da Cidade. Lei n° 10.275 de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana, Guia para implementação pelos municípios e cidadãos. Brasília: Câmara dos Deputados, coordenação de publicações, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Plano Nacional de Pós-graduação – PNPG 2011-2020. Brasília, DF: CAPES, 2010.

HARRISON, Carolyn; BURGUESS, Jacquie. Social science concepts and frameworks for understanding urban ecosystems. In: BERKOWITZ, Alan R.; NILON, Charles H. HOLLWEG, Karen S. (Eds.) Understanding urban ecosystem: a new frontier for science and education. Cary Conference 8th 1999. N. York, Springer-Verlag, 2003. p. 137-140.

LYNCH, Kevin. A imagem da cidade. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

MARICATO, E. O impasse da política urbana no Brasil. Petrópolis: Vozes, 2011.

MARICATO, E. Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana. Petrópolis: Vozes, 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO: Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado. Passo Fundo: 2006.

SOARES, Fernanda Codevilla. Experiências educativas, Santa Maria, Editora Pallotti, 2005.

452. SUSTENTABILIDADE NOS MODOS DE HABITAR E ENVELHECIMENTO ATIVO: UM ESTUDO SOBRE *COHOUSINGS* NO BRASIL

MACHADO, Carolina Costa[*1](arq.carolinamachado@gmail.com); LIBARDONI, Thais Debli*[12] *(thais_libardoni@hotmail.com); CHIARELLI, Ligia Maria Ávila*[1](biloca.ufpel@gmail.com)*
[1]Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
O perfil do "novo idoso" integra o Envelhecimento Ativo na busca pela participação. A internet auxilia este processo facilitando a informação e a organização de grupos com afinidades e objetivos comuns. As *Senior Cohousings,* comunidades intencionais, resgatam valores sociais e a sustentabilidade, favorecendo o Envelhecimento Ativo através da ampliação da capacidade funcional do idoso, do acesso a cuidados, da autonomia e da sociabilidade. Adquirem assim, significados físicos, psicológicos e sociais. Entretanto, poucos estudos aproximam a sustentabilidade à qualidade do lugar através da psicologia humana. Assim, busca-se traçar um perfil dos possíveis futuros usuários idosos dessas comunidades, pelo acompanhamento de postagens espontâneas em redes sociais e sites. Pretende-se (i) identificar as razões que levariam idosos a viver em *cohousings* no Brasil e (ii) avaliar a importância de fatores físicos, psicológicos e sociais nesta escolha, contribuindo para a ampliação da abordagem da sustentabilidade. Realizou-se pesquisa bibliográfica e análise de conteúdo em sites e grupos brasileiros sobre *cohousing* da rede social *Facebook,* com participantes idosos interessados neste modo de habitação. A análise, feita a partir de palavras-chave, identifica aspectos do significado da casa: Psicológica, Social, Econômica, Material, Temporal e Tempo-Espaço. Os resultados indicam prevalência de motivações nas categorias material e psicológica. Motivações psicológicas são quase tão frequentes quanto materiais, ressaltando a importância da dimensão anímica da sustentabilidade, na melhoria da qualidade dos espaços. Essa busca por amparo psicológico no ambiente de moradia pode ser creditada a perdas nas capacidades físicas, cognitivas e de inserção social dos idosos, resultando num sentimento de abandono e solidão. Mulheres representam mais de 80% dos depoimentos, refletindo talvez uma busca por afirmação de independência. Este novo perfil de idoso auxilia na compreensão do crescente interesse por moradias alternativas, especialmente pelas *cohousing.*
Palavras-chave: Senior Cohousing, Habitação, Comunidades Sustentáveis, Sustentabilidade, Envelhecimento Ativo.

SUSTAINABILITY IN HOUSING AND ACTIVE AGING: A STUDY ON COHOUSINGS IN BRAZIL

ABSTRACT
The profile of the "new elderly" integrates Active Aging in the seek of participation. The Internet helps this process by facilitating information and organization of groups with common affinities and goals. Senior Cohousings, as intentional communities, rescue social and sustainability values and favor Active Aging through the increase of the elderly's functional capacity, access to care, autonomy and sociability. Thus, they get physical, psychological and social meanings. However, few studies approach sustainability to quality of place through human psychology. Thereore, this study seeks to outline a profile of the possible future elderly users of these communities by monitoring spontaneous

postings on social networks and sites. It is intended to (i) identify the reasons that would lead the elderly to live in cohousings in Brazil and (ii) to evaluate the importance of physical, psychological and social factors in this choice, contributing to the broadening of the sustainability approach. A bibliographic research was carried out and an analysis of content was conducted on Brazilian sites and groups about cohousing in Facebook with elderly participants interested in this type of housing. The analysis, made from keywords, identifies aspects of the home meaning: Psychological, Social, Economic, Material, Temporal and Time-Space. The results indicate the prevalence of motivations in the material and psychological categories. Psychological motivations are almost as frequent as materials, emphasizing the importance of the soul dimension of sustainability in improving the quality of spaces. This seek for psychological protection in the housing environment can be credited to losses in the physical, cognitive and social insertion capacities of the elderly, resulting in a feeling of abandonment and loneliness. Women represent more than 80% of testimonials, perhaps reflecting a quest for independence. This new profile of the elderly helps to understand the growing interest in alternative housing, especially for cohabitation.
Keywords: Senior Cohousing, Housing, Sustainable Communities, Sustainability, Active Aging.

1. INTRODUÇÃO

No século XX houve uma aceleração do envelhecimento da população mundial devido a um forte aumento da expectativa de vida e uma significativa queda da natalidade (JUNIOR, 2009). No Brasil foi só neste século que se percebeu o aumento tanto do número de idosos quanto da longevidade média, alterando as pirâmides etárias (JUNIOR, 2009). Essa transição demográfica é responsável por impactos econômicos, sociais e culturais. Assim, surge o interesse na qualidade de vida dos idosos e na formação de uma nova imagem social do processo de envelhecimento.

Este processo, em geral, engloba o envelhecimento biológico e físico; o social, os papéis e expectativas da sociedade; e o psicológico, a adaptação ao processo de envelhecimento (OMS, 2015). É então pertinente a consideração das influências sociais e psicológicas sobre os idosos em seu ambiente de moradia. A habitação compartilhada vem para suprir algumas perdas e carências nesse sentido. As *cohousings* são uma forma de habitar baseada em comunidades intencionais, em busca de qualidade de vida através de ambientes de convívio, compartilhamento e auxílio mútuo. Assim, essas comunidades vão ao encontro do envelhecimento ativo, como uma solução habitacional para usuários sênior.

Entretanto, estas comunidades, ainda que não sejam novas, estão em vias de disseminação no Brasil. Não foram localizados relatos de *cohousings* no país, inviabilizando a existência de estudos sobre o perfil de seus moradores que possibilitem entender as motivações que levam à busca por este tipo de habitação. Alguns poucos estudos ligam a sustentabilidade à qualidade do lugar através da psicologia humana. Assim, pretende-se traçar um perfil dos possíveis futuros usuários idosos brasileiros das comunidades *cohousing.*

1.1. Envelhecimento ativo, o novo perfil do idoso e as redes sociais

Em relação ao processo de envelhecimento, a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2015) reconhece fatores no “Envelhecimento Ativo” que afetam o modo como os indivíduos e as populações envelhecem (OMS, 2005). A forma como o idoso se vê e é visto pela sociedade está mudando. O “novo idoso” busca qualidade de vida como parte do envelhecimento ativo, definido pela OMS (2015) como o “processo de otimização das oportunidades de saúde, participação e segurança, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida à medida que as pessoas ficam mais velhas”. “Ativo” refere-se a trabalho, capacidades físicas, mas também à participação social,

econômica, cultural, espiritual e civil (OMS, 2015). No entanto, o envelhecimento traz dificuldades como fragilização emocional, física e cognitiva (GROISMAN, 1999).
Como parte dos novos papéis sociais do idoso, está a sua inserção na internet. Ao comparar dados de 2005 e 2011 da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), verifica-se um crescimento da população conectada em todos os grupos etários, em geral acima dos 100%, mas foi no grupo dos 50 anos ou mais que esta variação foi mais representativa chegando a 222,3% (SILVA, 2016). Estudos realizados na Universidade de Brasília, mostram que o principal objetivo dos idosos com as redes sociais é aumentar suas relações sociais para reduzir a sensação de solidão (SILVA, 2016).
O aumento da interação virtual dos idosos demonstra uma preocupação cada vez maior com sua qualidade de vida e na manutenção de vínculos e relações sociais. Nesse contexto, os ambientes de moradia podem auxiliar na manutenção desses vínculos e no conforto psicológico. Não é de se estranhar, portanto, o aumento na busca por informações a respeito de comunidades intencionais.

1.2. Sustentabilidade, Psicologia Ambiental e as Dimensões do Significado de Casa

O termo sustentável, ampliado ao longo dos anos, abrange significados como sustentar, apoiar e conservar. Sachs, em 2002, definiu sete dimensões da sustentabilidade: social (menor distanciamento entre classes sociais); econômica (questões sociais como forma de avaliar a economia); ecológica (racionalização do uso de recursos esgotáveis); territorial (equilíbrio na distribuição campo/cidade; ambiental (respeito à capacidade de autodepuração dos ecossistemas; política (democracia e direitos humanos); e cultural (continuidade das diferentes culturas).
Na habitação, sustentabilidade está diretamente ligada à qualidade de vida. Há de se pensar portanto, que a sustentabilidade envolve além do conforto físico, o psicológico. Assim, a inclusão de questões *sensoriais* (ligadas à visão, audição, olfato, tato e paladar)*, espirituais* (ligadas à contemplação, a tranquilidade) *e anímicas* (ligadas aos sentimentos e consequentemente, à psicologia) da sustentabilidade (SATTLER, 2007), a aproximam dos sentidos humanos e da psicologia. A Psicologia Ambiental trata das relações entre os indivíduos e os ambientes físicos nos quais estão inseridos (GIFFORD, 2007). Tanto o comportamento do indivíduo quanto o ambiente podem ser alterados um pelo outro. O ambiente proporciona um conjunto de estímulos recebidos pelo usuário de forma específica, cujas respostas podem ser: físicas, percebidas por sentidos (ligadas à dimensão sensorial); sociais, percebidas por comportamentos; e psicológicas, percebidas por sensações (ligadas à dimensão anímica) (LAYNE, 2009).
Em relação à moradia, psicólogos ambientais distinguem a estrutura física (casa) do significado (lar) (GIFFORD; STEG; RESER, 2011). Os significados de casa abrangem diversos domínios. As relações entre pessoas e seus ambientes são fortalecidas através de ligações comportamentais, emocionais e cognitivas pela significância física, psicológica e social (OSWALD; WAHL, 2005).
Uma série de estudos comprovam que uma *cohousing* poderia ser uma das maneiras mais eficazes de abordar metas de sustentabilidade nas dimensões social, econômica, ecológica, territorial, ambiental política e cultural (NUNES, 2015). No entanto, questões *sensoriais, espirituais e anímicas*, ainda são pouco estudadas, especialmente no que se refere a *cohousings*. Portanto, dentro de uma abordagem que expande a sustentabilidade ao seu nível anímico, foram considerados os significados de casa estabelecidos por Després e Lord (2005) e que abrangem as dimensões Psicológica, Social, Econômica, Material, Temporal e Tempo-Espaço.

1.3. *Cohousing* e soluções habitacionais para idosos

A *cohousing*, que significa “vida em comunidade” é uma forma de comunidade intencional surgida em 1972 na Dinamarca (ALTMAN, 1975). Ela está presente em diversos países e resgata valores

de comunidade e estilos de vida saudáveis. As *Senior Cohousings,* destinadas a maiores de 50 anos, favorecem o acesso a cuidados de saúde, autonomia e convivência social, representando diferentes significados e experiências nos campos físico, psicológico e social (COELHO, 2000).
Embora existam diferentes tipos *cohousing*, alguns princípios base desse tipo de comunidade se mantém presentes nos discursos de vários autores: quanto à estrutura é indispensável: (1) processo participativo no planejamento, (2) autogestão, (3) ausência de hierarquia, e (4) rendimentos separados por família; quanto ao projeto, a urbanização da área comunitária visa (1) um sistema viário interno privilegiando a centralização através de uma rua central destinada somente a pedestres, (2) extensos espaços verdes, (3) ausência ou existência mínima de veículos (ALTMAN, 1975). Autores como Kathryn McCamant & Charles Durret (2011), segundo Bezerra (2015) salientam que esse tipo de habitação busca equilibrio entre privacidade e necessidades coletivas, com respeito às individualidades através de espaços semi-privados ou de transição.
As *cohousings*, além de moradia, são um estilo de vida baseado na coletividade e na sustentabilidade (NUNES, 2015). A sustentabilidade é refletida tanto nas soluções arquitetônicas - com a utilização de telhados verdes, sistemas de aquecimento solar (redução do consumo de energia) e uso da água da chuva, redução da área construída (comparando com residências americanas médias, existe uma redução da área construída em torno de 60%, ocupam 30% menos terra) - quanto no comportamento diário, na redução de custos individuais, através da partilha de recursos e meios de transporte e no cultivo do próprio alimento (ABRAHMS, 2011).
Em *cohousings* sênior, destaca-se: intenção de viver como participante ativo em um grupo de pessoas com idade semelhante; investimento dos idosos em capital social e apoio mútuo, pois a família pode não dar o suporte necessário; opção adicional para cuidados, com habitações adaptadas às necessidades do envelhecimento; espaço para atividades compartilhadas, que estimulam o companheirismo, aprendizagem e troca de habilidades, redução da procura por serviços de saúde e assistência social pois mantém os idosos ativos, saudáveis e engajados; possibilidade de ambientes atrativos com habitações reduzidas; mistura de privacidade e comunidade; estimula o olhar mais positivo pra o processo de envelhecimento (BRENTON, 2013).
No Brasil ainda não há *cohousings* efetivamente construídas, entretanto, projetos e discussões estão em andamento, como as promovidas pela arquiteta e urbanista Lilian Lubochinski, que lidera o movimento "*Cohousing* Brasil". O movimento dissimina a informação sobre esta forma de morar através dos grupos da rede social *Facebook* que são os objetos de estudo aqui apresentados. Além disso, estudos como os de Bezerra (2015) identificam diretrizes projetuais através do processo participativo com futuros moradores no Brasil, porém sem foco etário.

1.4. O perfil do usuário de *cohousings* sêniors internacionais

Como no Brasil ainda não há *cohousings* efetivamente implantadas, buscam-se experiências internacionais como base teórica. Estudos internacionais vêm sendo conduzidos com moradores para descobrir suas motivações na opção por estas comunidades. Na Suécia (CHOI, 2013), um estudo comparativo entre *cohousings* para maiores de 40 anos e *cohousings* intergeracionais mostra que nas *cohousings sêniors* há mais mulheres, solteiras e com bom nível de estudo e uma maior valorização da interação com vizinhos e da socialização se comparadas às *cohousings* intergeracionais, indicando a importância emocional das *cohousings* para os mais velhos.
Em um simpósio na Carolina do Norte, Angela Sanguinetti mostra que dos residentes idosos de *cohousings*, 73% são mulheres e que eles tendem a se sentir positivos quanto à vida em comunidades pelo apoio social e de saúde. Anne Glass, professora de gerontologia, aponta solidariedade, proximidade, cooperação, diversão, aceitação do processo de envelhecimento, segurança, menor preocupação, diminuição do isolamento social e decisões mais saudáveis entre

os idosos nessas comunidades. Outi Jolanski, pesquisador da Finlândia, relata sentimento de pertencimento e oportunidades de interação social nestes ambientes (ALEXANDER, 2016).
Nota-se que os estudos concorrem à importância de aspectos mais subjetivos presentes nesses assentamentos, especialmente para os idosos. São aspectos de ordem social e psicológica. Além disso, há uma tendência do público feminino se interessar mais por este tipo de moradia.

2. OBJETIVO

O estudo objetiva traçar um perfil dos possíveis futuros usuários idosos brasileiros das comunidades *cohousing* pelo acompanhamento de postagens e comentários espontâneos em redes sociais e sites. Para o delineamento do estudo, têm-se os seguintes objetivos específicos: (i) identificar as razões que levariam adultos mais velhos a viver em *cohousings* no Brasil e (ii) avaliar a importância de fatores físicos, psicológicos e sociais nesta escolha.

3. MÉTODO DE PESQUISA

No que concerne às questões metodológicas o estudo se pauta num estudo de caso por referir-se a fenômenos contemporâneos, considerando tanto postagens antigas quanto as realizadas em tempo real e por não haver nenhum tipo de controle sobre eventos comportamentais (YIN, 2001).
O encaminhamento da investigação teve início pela pesquisa de referências. Como objeto de estudo, a rede social *Facebook* foi escolhida devido a sua crescente representatividade, especialmente no Brasil (UOL, 2014). A coleta e análise de dados se articulam a partir da análise de conteúdo, que possibilita a compreensão de fenômenos sociais através da interpretação de mensagens. Neste caso, a análise caracteriza o emissor, reforçando a visão de que a mensagem o exprime e o representa (MORAES, 2016). Segundo Moraes (2016), o método inclui: Preparação das informações, Transformação do conteúdo em unidades, Categorização, Descrição e Interpretação. Na preparação, uma amostra representativa e pertinente aos objetivos da análise é isolada. Assim, foram monitorados grupos brasileiros no *Facebook* que tivessem *cohousing* como tema e participantes idosos ativos nas discussões. São eles: *Cohousing* Brasil, *Cohousing* Rio de Janeiro, *Cohousing* Botucatu, *Cohousing* Paraty e *Cohousing* Petrópolis. Entretanto, apenas nos grupos *Cohousing* Brasil e *Cohousing* Rio de Janeiro foram encontradas postagens realizadas por idosos que fornecessem motivações, preferências e/ou traços do perfil do autor. Todas as postagens com essas características foram consideradas. Através dos grupos chegou-se a sites que abordam a temática e que contam com a manifestação de idosos. São eles: “Conexão Planeta” (artigo: “Terceira idade com autonomia e sem solidão”);“Jardim do Mundo” (artigo: “*Cohousing*, uma nova forma de morar”) e “50 e mais” (artigos: “Aldeia da Sabedoria, para maiores de 60: Viver mais e melhor”; “Cidade Madura, um condomínio para maiores de 60 que deu certo”; “República para idosos, alternativa de moradia depois dos 60 anos”).
As unidades de análise ou palavras-chave foram agrupadas e reescritas de modo a serem compreendidas fora do seu contexto (MORAES, 2016). Na categorização, através de um critério de semelhança semântica, elas foram inseridas em categorias temáticas (MORAES, 2016) que identificam as dimensões do significado de casa adotadas por Després e Lord (2005): Psicológica, Social, Econômica, Material, Temporal e Tempo-Espaço. A dimensão psicológica descreve a casa como lugar de personalização, controle, segurança e conforto físico e psicológico; a dimensão social como socialização, privacidade, refúgio, composição social desejável, e acesso a recursos humanos; a dimensão econômica como propriedade, investimento financeiro e habitação acessível; a dimensão material como acesso a serviços e facilidades comerciais, natureza, tipo de habitação, espaço ao redor da casa, acessibilidade universal e pertences pessoais; a dimensão temporal,

como questões familiares, de apego e memórias; e finalmente a dimensão espaço-tempo como o território de mobilidade, proximidade e acessibilidade (DESPRÉS e LORD, 2005).

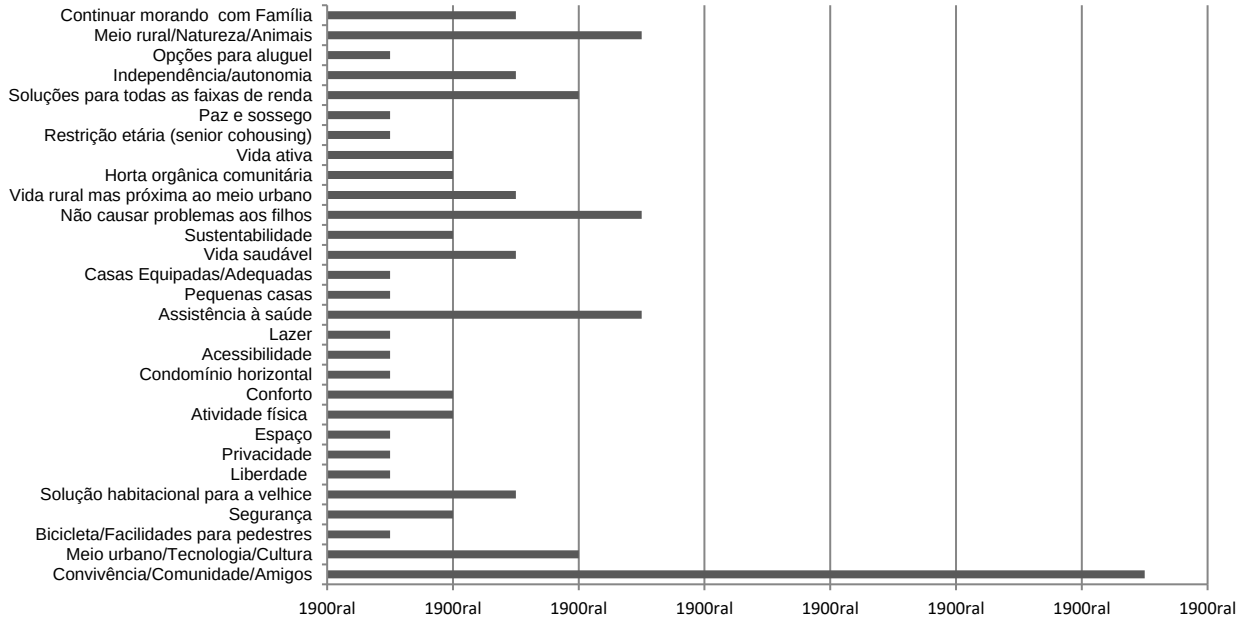
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira postagem considerada é datada de 8 julho 2013 e a última 30 de agosto de 2016. Neste intervalo, foram coletadas 42 manifestações: 10 depoimentos e 7 comentários no grupo *Cohousing* Brasil, 5 depoimentos na página *Cohousing Brasil,* 5 depoimentos do grupo *Cohousing* Rio de Janeiro, 4 comentários no site "Jardim do mundo" e 11 no site "50 e mais".

A amostra é predominantemente feminina (38 ou 90,47%), 4 idosos representam apenas 9,53%. Percebe-se o reflexo da feminilização da velhice, muito embora a razão aqui seja muito mais evidente e desequilibrada, evidenciando o maior envolvimento e identificação das idosas com o conceito *cohousing.* Na América Latina, entre as décadas de 1960 e 1990, a razão entre idosas e idosos aumentou 2,24% (HERÉDIA; CORTELLETTI; CASARA, 2005). No Brasil, estima-se que aumente 1,4% de 2000 a 2020 (SECRETARIA ESPECIAL DE DIREITOS HUMANOS, 2012).

A seguir, no gráfico 1, tem-se as palavras-chave agrupadas por semelhança e sua frequência.

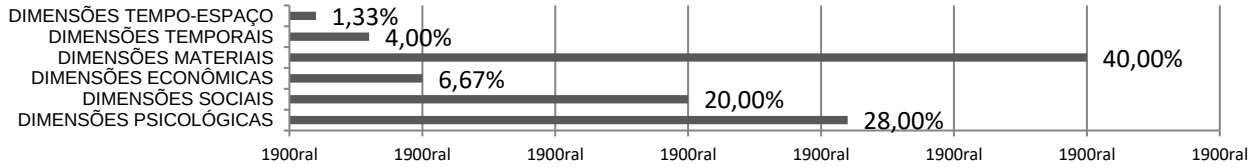
Gráfico 1. Frequência das palavras-chave nos depoimentos



Viver em comunidade é destaque, salientando o potencial social deste tipo de habitação e mostra a consciência do brasileiro sobre uma das bases da *cohousing*. A preferência pela área rural, pela assistência à saúde e não querer causar problemas aos filhos vêm logo em seguida. Entretanto, uma parcela significativa aponta o desejo de permanência na cidade, onde facilidades de lazer de cunho cultural ou que dependem de tecnologias são mais presentes. Isso corrobora o entendimento de que o idoso se preocupa em se manter atualizado, facilitando sua inserção social. Vida rural mas com acesso ao meio urbano aparece como uma alternativa intermediária.

No gráfico 2 as palavras-chave aparecem divididas conforme as categorias. Também pode-se ver a frequência com que cada uma delas aparece nos discursos.

Gráfico 2. Frequência das categorias



Nos depoimentos coletados, a dimensão psicológica representa 28% das motivações. Esta dimensão acaba também incluindo aspectos da percepção dos idosos sobre o envelhecimento nas ordens física e de autonomia, por se tratar de uma manutenção do bem estar e do conforto através de uma vida saudável (FREIRE, 2013). Assim, a dimensão aparece na forma de sensação de "*segurança"* (2 ou 2,67%), "*liberdade"* (1 ou 1,33%), *"conforto"* (2 ou 2,67%) psicológico, proporcionado por sensação de "*paz e sossego"* (1 ou 1,33%), *"não causar problemas aos filhos"* (5 ou 6,67%), que implica na sensação de *"independência e autonomia"* (3 ou 4%)*;* e conforto físico, proporcionado por "*atividades físicas"* (2 ou 2,67%), e por uma *"vida saudável"* (3 ou 4%) e "*ativa"* (2 ou 2,67%)*.* A dimensão social representa 20% das motivações. Assim, é reconhecida a importância da manutenção de vínculos para uma velhice ativa, através de "*convivência/ comunidade/ amigos"* (13 ou 17,33%). Fato este que vai ao encontro de Freire (2013) que diz que solidão é uma causa de sofrimento na velhice mais importante do que a dependência de parentes e/ou conhecidos. Mas ainda certos limites sociais são apontados pela vontade da existência de uma composição social desejável através de "*restrição etária (senior cohousing)"* (1 ou 1,33%) e pela "*privacidade"* (1 ou 1,33%). As preocupações referentes à dimensão econômica têm 6,67% de frequência, aparecendo como "*soluções para todas as faixas de renda"* (4 ou 5,33%) e "*opções para aluguel"* (1 ou 1,33%). A dimensão material se destaca pela importância nos depoimentos, configurando 40% das motivações neles contidas. Têm-se esta dimensão nas palavras-chave: "*meio urbano/ tecnologia/ cultura" (*4 ou 5,33%), "*solução habitacional para a velhice"* (3 ou 4%), e *condomínio horizontal* (1 ou 1,33%) representando tipos de habitação, "*espaço"* (1 ou 1,33%), "*acessibilidade"* (1 ou 1,33%), "*lazer"* (1 ou 1,33%) e "*assistência à saúde"* (5 ou 6,67%), "*pequenas casas"* (1 ou 1,33%), "*casas equipadas/adequadas"* (1 ou 1,33%), "*sustentabilidade"* (2 ou 2,67%), "*vida rural mas próxima ao meio urbano"* (3 ou 4%), *"horta orgânica comunitária"* (2 ou 2,67%), "*meio rural/ natureza/ animais"* (5 ou 6,67%). A dimensão temporal representa 4% das motivações, através do apego a laços familiares: "*continuar morando com a família"* (3 ou 4%). E finalmente a dimensão tempo-espaço, que representa 1,33% das motivações, ao ser mencionada a facilitação de deslocamento como "*bicicleta/facilidades para pedestres"* (1 ou 1,33%).

Salienta-se que as dimensões materiais são naturalmente de ordem mais objetiva, tendendo a demonstrar aspectos práticos da composição e configuração ambiental. Assim, era de se esperar que estas aparecessem com uma frequência mais significativa, uma vez que os discursos são elaborados numa tentativa de sintetizar aspectos relevantes para possíveis projetos participativos. Entretanto, somando-se as dimensões sociais com as psicológicas, estas chegam a uma ordem de 48% das motivações dos futuros usuários, ultrapassando as preocupações materiais.

5. CONCLUSÃO

Aqui, apesar de as dimensões materiais apresentarem grande frequência entre as motivações dos adultos mais velhos, dimensões sociais e psicológicas juntas a ultrapassam em importância. Este achado vai ao encontro dos perfis de moradores de *cohousings* em outros países. A questão social, de viver em comunidade, se mostra a principal motivação dos idosos (CHOI, 2013; ALEXANDER,

2016), enaltecendo o potencial dessas comunidades em auxiliar o envelhecimento ativo através da manutenção dos laços sociais e do combate ao isolamento e segregação.
Essa busca por amparo psicológico em seu ambiente de moradia, pode ser creditada a perdas nas capacidades físicas, cognitivas e sociais, levando a um estreitamento da inserção social dos idosos e um consequente sentimento de abandono e solidão (ASSIS, 2004). Também relevante, é a presença maior de depoimentos femininos, totalizando 90,47% dentre os coletados. Essa tendência acompanha os estudos internacionais. Uma das hipóteses para essa ocorrência maior entre mulheres é a busca por afirmação de independência (CHOI, 2013) através de uma maior autonomia no lar. A questão da independência também reflete as mudanças na estrutura familiar que vêm ocorrendo ao longo dos anos. O perfil do novo idoso dentro do conceito de Envelhecimento Ativo, auxilia na compreensão do aumento da procura por moradias alternativas, especialmente pelas *cohousing*, pois a organização deste tipo de comunidade, reforça os valores buscados por este novo perfil, presentes nos depoimentos dos idosos analisados.
Por outro lado, inserida também na dimensão social, está a privacidade, considerada o "acesso ótimo de outros ao eu ou ao grupo" (ALTMAN, 1975) e que dentro de um contexto de vida em comunidade, complementa o ambiente social (BIANCHI, 2013). Ela surge nos discursos analisados reafirmando a congruência entre o desejo dos idosos e a forma como as *cohousing* estão organizadas fisicamente. Têm-se que as interações positivas, ainda que não sejam anuladas pela forma física, podem ser por ela limitadas. Assim, a privacidade pode favorecer o fortalecimento individual através da qualificação do que é particular ao idoso (BIANCHI, 2013; COELHO, 2000). Essas duas qualidades são destacadas por serem contraditórias e complementares, e, no caso dos idosos, o convívio é incentivado com o intuito de não isolamento. A possibilidade de socialização proporciona momentos de descontração, promovendo o “esquecimento” das doenças e afastando a tendência à depressão, muito comum nessa faixa etária. A privacidade, entretanto, chama a atenção pela coabitação, em uma mesma unidade, de pessoas diferentes, e até então desconhecidas, mas que mantêm em seu território sua identificação, já que o ser humano necessita ter sua individualidade preservada (BIANCHI, 2013).
Este estudo mostra assim, a relevância dos aspectos psicológicos e sociais na sustentabilidade das habitações. Através dela é possivel elevar a qualidade de vida através de comunidades mais saudáveis e respeitadas em todas as suas especificidades.
Um dos limitadores deste estudo é aquele inerente à própria análise de conteúdo, que depende da interpretação de significações transmitidas de emissor (idoso) a receptor (pesquisador), onde aspectos culturais exercem certa influência sobre os dados que não pode ser totalmente evitada. Entretanto, por se tratar de um modo de habitar ainda inexistente no Brasil, análises mais profundas de pós-ocupação tornam-se inviáveis, assim, a análise de conteúdo das intenções dos idosos é uma fonte de informação para futuros estudos nesta área de pesquisa no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHMS, S. Elder Cohousing: A new option for retirment or sooner! 2011. Disponível em: <http://www.aarp.org/home-garden/housing/info-01-2011/elder_cohousing.html > Acesso em: 20 nov. 2016.

ALEXANDER, A. Elder Cohousing Research Symposium: Combating Social Isolation. In: Cohousing. The cohousing association of United States. Disponível em: <http://www.cohousing.org/node/4383>. Acesso em: 10 nov. 2016.

ALTMAN, I. The environment and social behavior. Monterey, Califórnia: Brooks / Cole, 1975.

ASSIS, Mônica de. Aspectos Sociais do Envelhecimento. In:Saldanha, A. L.; Caldas, C. P. Saúde do Idoso: A Arte de Cuidar. 2 ed. Rio de Janeiro: INTERCIÊNCIA, 2004. 400p.

BEZERRA, J. B. Cohousing, uma alternativa de habitat coletivo. UFRN, 2015.

BIANCHI, S. A. Qualidade do Lugar nas Instituições de Longa Permanência para Idosos — Contribuições Projetuais para Edificações na Cidade do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

BRENTON, M. Senior cohousing communities – an alternative approach for the UK?. York: Joseph Rowntree Foundation, 2013. 21p.

CARNEIRO, K. Condomínio exclusivo oferece refúgio para idosos na Paraíba. G1. Disponível em: < http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2015/05/condominio-exclusivo-oferece-refugio-para-idosos-na-paraiba.html >. Acesso em: 03 set. 2016.

CHOI, J. S. Why Do People Move to Cohousing Communities in Sweden? - Are there any Significant Differences Between the +40 Cohousing and the Mixed-Age Cohousing? Architectural Research. Korea, v. 15, n. 2, p. 77-86, 2013.

COELHO, A. B. Qualidade arquitectónica residencial: rumos e factores de análise. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2000.

DESPRÉS, Carole; LORD, Sébastien. Growing Older People in Postwar Suburbs: The Meanings and Experiences of Home. In: ROWLES, D. G ; CHAUDHURY, H. Home and Identity in Late Life: International Perspectives. New York: Springer Publishing Company, Inc., 2005. 399 p.

FREIRE, Cláudia Sá. Percepção dos idosos sobre a velhice: diferentes olhares sobre o processo do envelhecimento. In: Terra, Newton Luiz; Bós, Ângelo J. G.; Castilhos, Nara (Orgs.). Temas sobre envelhecimento ativo. Porto Alegre: ediPUCRS, 2013.

GAZZOLA, J. L. O lugar do idoso numa sociedade “pós-moderna”: algumas reflexões de corte interdisciplinar. In: Terra, N. L.; Bós, A. J. G.; Castilhos, N. Temas sobre Envelhecimento Ativo. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2013. 599 p.

GIFFORD, Robert. Environmental psychology: Principles and practice (4th ed.). Colville, WA: Optimal Books, 2007. 599 p.

GIFFORD, R.; STEG, L.; RESER, J. P. Environmental Psychology. In: MARTIN, P. R.; CHEUNG, F. M.; KNOWLES, M. C.; KYRIOS, M.; LITTLEFIELD, L. J.; OVERMIER, B.; PRIETO, J. M. (eds.). The IAAP Handbook of Applied Psychology. Chichester: Blackwell Publishing Ltd., 2011.

GROISMAN, D. Asilos de velhos: passado e presente. Cadernos de Envelhecimento, v.2. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 67- 87.

HERÉDIA, Vânia B. M.; CORTELLETTI, Ivonne Assunta; CASARA, Miriam Bonho. Institucionalização do idoso: identidade e realidade. In: HERÉDIA, Vania B. M.; CORTELLETTI, Ivonne A.; CASARA, M. B. (orgs.). Idoso asilado: um estudo gerontológico. Caxias do Sul: Educs/Edipucrs, 2004.

IBOPE. 28% dos idosos se mantêm atualizados com as novas tecnologias. Disponível em: <http://www.ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/28-dos-idosos-se-mantem-atualizados-com-as-novas-tecnologias/>. Acesso em: 03 set. 2016.

Jornal da 3ª Idade. Vila dos Idosos no bairro do Pari em São Paulo é modelo de locação social. Disponível em: < http://www.jornal3idade.com.br/?p=6937 > Acesso em: 03 set. 2016.

JUNIOR, E. D. Alves. Aspectos Sociodemográficos de um país que envelhece: o exemplo brasileiro. In: JUNIOR, E. D. Alves (Org.). Envelhecimento e Vida Saudável. Rio de Janeiro: Apicuri, 2009. 316 p.

MORAES, R. Análise de conteúdo. Revista Educação, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.Disponível em: <http://cliente.argo.com.br/~mgos/analise_de_conteudo_moraes.html>. Acesso em: 09 nov. 2016.

NUNES, C. Cohousing, moradias baseadas na coletividade. 2015. Disponível em: <http://sustentarqui.com.br/urbanismo-paisagismo/cohousing/>. Acesso em: 07 out. 2016.

Organização Mundial da Saúde. OMS. Envelhecimento Ativo:uma política de saúde.Brasília, 2005.

Organização Mundial Da Saúde. OMS. Relatório Mundial de Envelhecimento e Saúde. v.1, p. 1–29. Brasília, 2015.

OSWALD, Frank; WAHL, Hans-Werner. Dimensions of the Meaning of Home in Later Life. In: ROWLES, D. G.; CHAUDHURY, H. Home and Identity in Late Life: International Perspectives. New York: Springer Publishing Company, Inc., 2005. 399 p.

SACHS, Ignacy. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. STROH, Paula Yone (org.). Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 95 p.

SATTLER, M. A. Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis.Porto Alegre: ANTAC, V. 8. 488 p., 2007.

SECRETARIA ESPECIAL DE DIREITOS HUMANOS. Dados sobre o envelhecimento no Brasil. 2012. Disponível em: <http://www.sdh.gov.br/assuntos/pessoa-idosa/dados-estatisticos/DadossobreoenvelhecimentonoBrasil.pdf >. Acesso em: 05 maio 2016.

SILVA, P.L. A terceira idade invade a internet. In:Veja.com. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/tecnologia/a-terceira-idade-invade-a-internet/ >. Acesso em: 10 nov. 2016.

Site UOL Disponível: <http://tecnologia.uol.com.br/noticias/afp/2014/02/03/facebook-em-numeros.htm> Acesso em: 23 jun. 2016.

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e métodos. GRASSI, D. (trad.). Porto Alegre: Bookman, 2001.

465. ENGENHEIROS SEM FRONTEIRAS: INTEGRAÇÃO DOS CONHECIMENTOS TEÓRICO-PRÁTICOS DOS ALUNOS DE ENGENHARIA APLICADOS NO DESENVOLVIMENTO SOCIAL

BÖES, Jeferson Spiering[1](boes.jeferson@gmail.com); HENTGES, Tatiane Isabel*[1] *(tatiisabel@yahoo.com.br); MONTEIRO, Renan Rhoden*[1](rhodenrenan@gmail.com); BERNIERI, Guilherme*[1](bernieri@hotmail.com.br); FIGUEIRÓ, Jonas*[1](figueiro.jonas@gmail.com); MANCIO, Mauricio*[1](mancio@unisinos.br).
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A integração entre os conhecimentos teóricos e práticos, bem como a compreensão dos problemas reais das comunidades e a formação de futuros engenheiros motivados – capazes de atuar em grupo e de modo efetivo para solução de problemas reais – com consciência do impacto socioambiental de suas atividades, é a proposta da organização não governamental (ONG) internacional Engenheiros Sem Fronteiras (ESF). Composta principalmente por alunos de graduação, o ESF promove o desenvolvimento acadêmico e humano dos estudantes, oportunizando a união dos conhecimentos teóricos adquiridos nas disciplinas com aplicações práticas. Como missão, a ONG objetiva fomentar a responsabilidade social e despertar o interesse por outras áreas da engenharia e pesquisa aplicada destes futuros engenheiros. Ao mesmo tempo, para a sociedade, os Engenheiros Sem Fronteiras visam contribuir para a solução sustentável ou minimização dos problemas enfrentados pelas comunidades caracterizadas pela pobreza extrema, que não possuem condições mínimas de desenvolvimento humano. Dessa forma, este artigo tem por objetivo apresentar atividades desenvolvidas em projetos dos núcleos Engenheiros Sem Fronteiras distribuídos pelo Brasil, retratando seu impacto no desenvolvimento social e acadêmico e mostrando os resultados alcançados e as perspectivas de aplicação, de modo a disseminar este tipo de iniciativa.
Palavras-chave: Engenheiros Sem Fronteiras; Desenvolvimento social; Desenvolvimento acadêmico; Comunidades carentes

ENGINEERS WITHOUT BORDERS: INTEGRATION OF THEORICAL-PRACTICAL KNOWLEDGE OF ENGINEERING STUDENTS APPLIED IN SOCIAL DEVELOPMENT

ABSTRACT
The integration of theoretical and practical knowledge, as well as the understanding of the real problems of the communities and the formation of motivated future engineers - able to work in groups and to effectively solve real problems - with awareness of the social and environmental impact of their activities, is the proposal of the international non-governmental organization (NGO) Engineers Without Borders (EWB). Composed mainly by undergraduate students, the EWB promotes the students' academic and human development, allowing the union of the theoretical knowledge acquired in the disciplines with practical applications. As a mission, the NGO aims to foster social responsibility and arouse interest in other areas of engineering and applied research of these future

engineers. At the same time, for society, Engineers Without Borders aim to contribute to the sustainable solution or minimization of the problems faced by communities characterized by extreme poverty, which do not have minimal conditions for human development. In this way, this article aims to present activities developed in projects of the Engineers Without Borders local chapters distributed throughout Brazil, portraying their impact on social and academic development and showing the results achieved and the application perspectives, in order to disseminate this type of initiative.
Keywords: Engineers Without Borders; Social development; Academic development; Poor communities

1. INTRODUÇÃO

A palavra “engenharia” possui diversas definições que variam de entidade para entidade. Isso ocorre porque cada entidade engloba as peculiaridades específicas de sua área. Apesar disso, existe um consenso comum de que a engenharia se trata da “aplicação de fundamentos científicos para a solução de problemas práticos da sociedade” (MANCIO, et al., 2014). Em suma, pode-se dizer que a ciência aplicada, a solução de problemas e o aspecto social compõe o tripé fundamental que deve embasar a formação do engenheiro.

Entretanto, Mancio et al., (2014) colocam que é justamente na ligação entre teoria e prática, na conexão entre a aquisição de novos conhecimentos e sua aplicação, que se encontra um dos principais desafios enfrentados pelos cursos de engenharia.

Além disso, um dos componentes da engenharia que vem se tornando cada vez mais importante é a questão da sustentabilidade ambiental, social e econômica. Porém, a discussão sobre o grande impacto que os profissionais do ramo podem ter na solução de problemas e na melhoria das condições de vida das pessoas são abordados, muitas vezes, apenas de maneira informal ao longo do curso. (UNESCO, 2010).

A organização não governamental (ONG) Engenheiros Sem Fronteiras (ESF) visa estimular os estudantes e dar condições para que estes coloquem em prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula ao longo do planejamento e durante a implantação de projetos de colaboração técnica que possam fazer a diferença na vida de pessoas que vivem em condições de extrema pobreza, trazendo melhorias social e ambientalmente sustentáveis. (MANCIO et al., 2014).

Organizações semelhantes a esta também se destacam pelo trabalho de grande alcance que vêm apresentando, com é o caso dos Arquitetos Sem Fronteiras e do mais conhecido Médicos Sem Fronteiras, que buscam integrar principalmente profissionais para enriquecer seus projetos (ASF, 2017; MSF, 2017).

2. OBJETIVO

O presente artigo tem por objetivo apresentar a ONG Engenheiros Sem Fronteiras e destacar algumas das atividades desenvolvidas em projetos de núcleos distribuídos pelo Brasil, retratando seu impacto no desenvolvimento social e acadêmico, mostrando os resultados alcançados, de modo a disseminar este tipo de iniciativa.

3. ORIGEM DOS ENGENHEIROS SEM FRONTEIRAS (esf)

O surgimento inicial dos Engenheiros Sem Fronteiras aconteceu na França no início dos anos 80, através de um professor e dois estudantes da Escola Nacional de Pontes e Estradas. Estes foram convidados a realizar uma assistência técnica em um projeto de abastecimento de água na Etiópia. Assim que retornaram ao seu país de origem, em 1982, oficializaram a fundação do Ingénieurs sans frontières (ISF-France), inspirados na iniciativa humanitária “Médicos Sem Fronteiras” (ISF-FRANCE, 2016).

Desde a formação dos primeiros grupos nos anos 80 e 90, a rede ESF foi expandida e atualmente está presente em aproximadamente 60 países. (EWB-INTERNATIONAL, 2016). Com o surgimento de diversos núcleos por todo globo, se fez necessária a criação de uma rede unificadora que englobasse todas as associações. Deste modo, surgiu o Engineers Without Borders International (EWB-International), uma organização com o objetivo de estimular o intercâmbio de ideias e projetos entre as diversas instituições e conectar os profissionais para contribuir com a criação de uma nova geração de engenheiros, mais preocupada com as causas sociais e mais atuante no cenário mundial. (ESF-BRASIL, 2016). A Figura 9 apresenta a presença global da rede internacional em 2014.

Figura 9. Presença global do *Engineers Without Borders em 2014*



Fonte: EWB-International (2014)

Unidos pela visão comum e pela colaboração internacional entre membros, em cada país os grupos se organizam em subdivisões denominadas núcleos (ou *local chapters*, na denominação em inglês), espalhados por diversas regiões, cidades ou universidades. O propósito central dos núcleos consiste em conectar comunidades em desenvolvimento que têm necessidades específicas de infraestrutura a engenheiros e estudantes, de forma que estes possam, juntamente com a comunidade, projetar e executar soluções sustentáveis. Deste modo, as ações dos ESF constroem um mundo melhor através de projetos de engenharia que permitem que as comunidades tenham suas necessidades humanas básicas atendidas ao mesmo tempo em que equipa líderes para resolver os desafios mais urgentes do mundo. (EWB-USA, 2016).

Atualmente, a associação mais ativa e com maior impacto no desenvolvimento social é o *Engineers Without Borders – United States of America (*EWB-USA*)*, que conta com aproximadamente 16.500 voluntários atuantes e já realizou mais de 600 projetos em 42 países, tendo impactado mais de 2,5 milhões de pessoas (EWB-USA, 2016). Essa organização desenvolve seus diversos projetos em setes áreas prioritárias, a saber: (1) fornecimento de água potável, (2) saneamento, (3) obras civis, (4) energia elétrica, (5) estruturas, (6) sistemas de informação, e (7) agricultura e irrigação (MANCIO et al, 2014), conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10. Mapa de projetos já realizados pela organização EWB-USA, com destaque para os tipos de projetos realizados, focando nas áreas de fornecimento de água potável, saneamento, obras civis, energia elétrica, estruturas, sistemas de informação, e agricultura



Fonte: Mancio et al. (2014)

4. ENGENHEIROS SEM FRONTEIRAS BRASIL

No Brasil, a organização iniciou suas atividades através da criação de um primeiro núcleo em Viçosa, Minas Gerais, no ano de 2008. Com sede nacional nessa cidade, o Engenheiros Sem Fronteiras – Brasil (ESF-Brasil) já conta com mais de 50 núcleos, espalhados em 10 estados e somando aproximadamente 800 membros. A Figura 11 ilustra a distribuição dos núcleos no Brasil. (ESF-BRASIL, 2016).

Seu objetivo é a busca da melhoria da qualidade de vida das comunidades e indivíduos em situação de necessidade, contribuindo para o cumprimento das metas do milênio da Organização das Nações Unidas (ONU) e as recentes metas globais para o desenvolvimento sustentável (THE GLOBAL GOALS, 2016). É, portanto, uma organização nacional sem associações político-partidárias que desenvolve projetos baseados em engenharia com finalidade social. Os Engenheiros Sem Fronteiras – Brasil atuam e desenvolvem projetos em seis grandes áreas: (1) construção civil; (2) saneamento; (3) agricultura; (4) energia; (5) infraestrutura; (6) empoderamento econômico e educação. (ESF-BRASIL, 2016).

Figura 11. Presença nacional dos Engenheiros Sem Fronteiras



Fonte: ESF-Brasil, 2016

5. MÉTODOS

A análise dos projetos a serem escolhidos para serem expostos nesse trabalho, levou-se em consideração a necessidade de apresentação de todos as áreas possíveis de serem englobadas e já abrangidas nos projetos nacionais. Dessa forma, foram escolhidos projetos compreendidos entre os itens:

a) Número de pessoas envolvidas. Incluindo membros que trabalharam no projeto e pessoas impactadas da comunidade escolhida;
b) Alta complexidade. Conceitos de engenharia envolvidos no projeto, recursos financeiros necessários, patrocinadores, arrecadação de dinheiro, organização de eventos;
c) Duração do projeto. Tempo que o projeto levou para ser concluído;
d) Área de foco do projeto de engenharia. Civil, ambiental, de produção, elétrica, educação, energia.

6. PROJETOS DESENVOLVIDOS

Inúmeros projetos foram e estão sendo desenvolvidos pelos 800 voluntários brasileiros. Entre eles, encontram-se alguns mais amplos, envolvendo até mesmo projetos arquitetônicos e obras, e outros mais simples, de curto prazo e com atividades menos elaboradas. Independente de sua complexidade, todos os projetos são importantes e impactam pessoas de forma significativa para a melhoria de vida.

Nesse capítulo serão apresentados alguns projetos que se destacaram ao longo de seu desenvolvimento.

6.1 Quadra poliesportiva – Núcleo Unisinos / RS

O primeiro projeto do Núcleo Unisinos surgiu a partir de uma necessidade do Centro Comunitário de Educação Infantil Talitha Kum (CCEI Talitha Kum) em possuir um espaço propício para a prática de esportes de seus alunos, previamente realizada em local impróprio e insalubre. Essa instituição, localizada em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, atende aproximadamente 150 crianças carentes e em situação de vulnerabilidade em turno integral.

Inicialmente foi realizado o mapeamento e reconhecimento da área de implantação. Posteriormente, realizou-se o desenvolvimento do projeto arquitetônico e o projeto executivo da quadra, de onde foram extraídos os quantitativos dos materiais necessários e elaborado o orçamento. A captação dos recursos para a execução do projeto foi realizada através de patrocínios (financeiro e de materiais e serviços) junto a empresas da região. A comunidade beneficiada se engajou na busca destas empresas, exemplificando a integração da comunidade no desenvolvimento do projeto.

A execução do projeto envolveu estudantes de engenharia voluntários (membros do Núcleo Unisinos), professores, pais de alunos e moradores da comunidade, e patrocinadores que aderiram ao projeto, como é possível visualizar na Figura 12 (a), onde são vistos dois moradores da comunidade e três estudantes de engenharia. A Figura 12 (b) mostra a quadra concluída.

Figura 12. Quadra poliesportiva executada pelo ESF – Unisinos durante (a) a execução e (b) concluída



(a) (b)

Fonte: Hentges (2016); Monteiro (2016)

Um dos grandes destaques desse projeto, além da participação da comunidade durante a construção da quadra, foi a impactante melhoria das condições de infraestrutura da escola, sendo perceptível a elevação e pintura do muro de divisa, a pintura de toda a escola e o conserto de calhas. Estas atividades ocorreram nos momentos em que os membros do ESF – Unisinos não estava presente. Entende-se que a construção da quadra foi o grande motivador para que a comunidade se unisse em prol da melhoria do centro comunitário.

6.2 Revitalização do Sanatório Espírita – Núcleo Uberaba / MG

O projeto objetivou a reforma e revitalização dos pontos críticos do Sanatório Espírita – localizado na cidade de Uberaba, Minas Gerais – a fim de proporcionar um ambiente sadio aos internos e funcionários do local e auxiliar na conservação da instituição, que desempenha um papel social importante na região.

As ações concentraram-se nos sistemas hidrossanitário, de cobertura, de água pluvial, e de esquadrias, sendo que cada um destes teve sua situação de conservação avaliada para a realização de um levantamento quantitativo de materiais necessários para manutenção. Após esta

análise preliminar, elaborou-se um orçamento descritivo e, a partir deste ponto, iniciou-se a busca dos recursos necessários para as obras. A prospecção destes recursos partiu em três frentes: (1) encaminhamento de solicitação de recursos via prefeitura municipal; (2) doações; (3) patrocínios. Atualmente o projeto encontra-se na fase de prospecção, tendo prazo para término das obras em dezembro de 2019, possui 24 voluntários envolvidos e o impacto social direto é estimado em aproximadamente 130 pessoas.

6.3 Abrigo Solar – Núcleo Rio de Janeiro / RJ

O Núcleo Rio de Janeiro, com o projeto Abrigo Solar, objetiva levar a energia alternativa fotovoltaica para telhados de abrigos que se espalham por todo o Rio de Janeiro, atendendo desde crianças, idosos, dependentes químicos, e todos que possam necessitar destas instituições. Estas entidades sofrem para se manter funcionando, enfrentando contas de luz elevadas em função do grande número de pessoas residentes nestes locais.
Através de financiamento de empresas, foi possível a instalação do sistema em dois abrigos infantis: a Associação Beneficente AMAR, com aproximadamente 20 crianças, e o Abrigo Beija-Flor, responsável por abrigar 31 crianças.
Em uma análise prévia para o abrigo AMAR, o projeto Abrigo Solar estima um retorno de investimento de 7,5 anos e um benefício econômico de aproximadamente R$ 115.000,00, impactando aproximadamente 350 pessoas e deixando de emitir 55 toneladas métricas de dióxido de carbono ao longo da vida útil do projeto (24 anos). Enfatiza-se que toda a elaboração do projeto, instalação e processo de legalização da microgeração distribuída será feita sem custos pela equipe do ESF-Rio.

6.4 Desafio Ciência, Tecnologia e Inovação – AQUAENOVA – Núcleo Maringá / PR

Idealizado pelo Núcleo Maringá, o Desafio Ciência, Tecnologia e Inovação – AQUAENOVA teve como objetivo estimular a formação de equipes multidisciplinares, compostas por alunos de graduação e pós-graduação das Instituições de Ensino Superior do estado do Paraná, para propor soluções inovadoras que levassem à redução do consumo de água e energia elétrica na indústria e nas empresas prestadoras de serviço da cidade de Maringá, Paraná. Pretendeu-se, com o desafio, estimular o pensamento crítico na busca de soluções para problemas específicos, como o desenvolvimento de produtos e tecnologias inovadoras para o mercado ampliando o conhecimento e propiciando o intercâmbio entre alunos, professores e profissionais das mais diversas áreas, integrando assim ensino, pesquisa e extensão na busca da sustentabilidade.
O projeto consistiu em um grande desafio, onde interessados deveriam inscrever seu projeto com a solução inovadora proposta e os vencedores teriam a ideia incubada, com apoio do SEBRAE. O projeto teve duração de 7 meses, contou com 13 voluntários na organização e 35 participantes inscritos, impactando a população maringaense, que é estimada em 387,7 mil pessoas.

6.5 Workshop em educação ambiental – Juiz de Fora / MG

Através da organização de um evento, objetivou-se conscientizar o público alvo e mostrar que muitos materiais podem ser aproveitados mesmo após o uso originalmente projetado. Professores da rede pública da cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais, inscreveram seus alunos para criarem novos produtos, transformando materiais que seriam descartados em brinquedos que foram doados para crianças carentes.
O projeto teve duração de aproximadamente um mês e contou com oito voluntários, impactando um total de 18 professores e seus alunos.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que os projetos apresentados neste artigo possuem uma versatilidade em sua área de conhecimento, evidenciando a amplitude para o desenvolvimento de novos projetos. Constata-se ainda que, em todos os projetos desenvolvidos, há a integração entre os voluntários e a comunidade e/ou público alvo, havendo um intercâmbio social e educacional. Isso pode ser visto na Tabela 2 são apresentados os principais resultados buscados nos projetos destacados neste trabalho

Tabela 2. Principais resultados alcançados pelos projetos apresentados

Projeto	Número de pessoas envolvidas	Complexidade	Duração	Área de foco
Quadra poliesportiva	180. 150 crianças, 10 moradores locais e 20 estudantes de engenharia	Envolveu projetos arquitetônicos, etapas comuns de obras de construção civil	1 ano	Engenharia Civil
Revitalização do Sanatório Espírita	154*. 24 voluntários, 28 funcionários e 102 internos	Dificuldade quanto a burocracia (espaço de órgão público)	3 anos	Engenharia Civil
Abrigo solar	370*. 350 abrigados e 20 membros	Instalação dos painéis, busca de recurso para compra e parceria para os projetos	2 anos	Engenharia de Energia
Desafio Aquaenova	48. 13 organizadores e 35 participantes	Organização de concurso de inovação. Parceria com SEBRAE	7 meses	Engenharia Sustentável
Workshop educação ambiental	116. 8 membros, 18 professores e 90 alunos	Organização de evento, arrecadação de materiais, divulgação.	1 mês	Engenharia ambiental

**Valores estimados, tendo em vista que o projeto não foi finalizado.*

Simultaneamente com o desenvolvimento dos projetos, desde sua concepção até a execução, as ações da rede ESF Brasil propiciam aos voluntários, em sua maioria estudantes de engenharia, uma experiência prática, onde realizam a ponte entre os conhecimentos teóricos aprendidos em sala de aula, com o conhecimento prático, adquiridos com a aplicação dos projetos.

Além disso, os benefícios aos atingem também o desenvolvimento de competências complementares à formação do engenheiro, como liderança, trabalho em equipe, gestão de pessoas e análise crítica.

Somado a isto, há o fator social e humano, que muitas vezes se faz ausente nas grades curriculares dos cursos de engenharia, possibilitando ao aluno, futuro engenheiro, entender seu papel frente a sociedade e aos problemas do mundo contemporâneo, assim como compreender os desafios da profissão escolhida.

8. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou uma visão geral do surgimento e presença da ONG Engenheiros Sem Fronteiras no mundo, dando enfoque para a atuação nacional, onde foram destacados alguns dos inúmeros projetos desenvolvidos pelos voluntários brasileiros.

As atividades desenvolvidas na rede Engenheiros Sem Fronteiras apresentam excelente potencial motivacional para o engajamento e complementação da formação de atuais alunos de engenharia.

A criação de novos núcleos para o desenvolvimento de projetos apresentados neste artigo, pode

ser aplicada em todos os países, em diversas instituições de ensino de engenharia. As ações da rede, através dos projetos, geram um impacto social frente a problemas reais da sociedade, localizados principalmente em comunidades em situação de vulnerabilidade.
Apesar de haver um crescimento exponencial ao longo dos últimos 8 anos, ainda há um grande potencial de novos projetos da rede frente à população brasileira, ao número de universidades e a vasta necessidade de atender aos requisitos básicos de qualidade de vida para as comunidades de extrema pobreza, focando sempre em seu desenvolvimento sustentável.
Através deste artigo, espera-se disseminar a prática e o conhecimento dos Engenheiros Sem Fronteiras Brasil para a criação de novos núcleos e, por consequência, um aumento no impacto social frente as comunidades, através do desenvolvimento social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society of Civil Engineers (ASCE), Engineers' Council for Professional Development (ECPD), Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)

ASF – Architecture Sans Frontières International. Who we are? 2017. Disponível em http://www.asfint.org/about-us. Acesso em 16/03/2017.

DOCTORS WITHOUT BORDERS. Disponível em: http://www.doctorswithoutborders.org/. Acesso em 29/12/2016.

ESF BRASIL. Engenheiros Sem Fronteiras – Brasil. Disponível em: http://esf-brasil.org/ Acesso em 26/12/2016.

EWB USA. Engineers Without Borders USA. Disponível em: http://www.ewb-usa.org/ Acesso em 26/12/2016.

HENTGES, T. I. **Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Unisinos**. Palestra apresentada na II Semana Acadêmica dos Cursos de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), 2016.

ISF FRANCE. Ingénieurs sans fronteires. Histoire. Disponível em: https://www.isf-france.org/histoire. Acesso em 26/12/2016.

MANCIO, M.; BÖES, J.; TIMÓTEO, C.; EGGERS, E.; ROSENBACH, E.; SANTOS, G.; FIGUEIRÓ, J.; DUTRA, J.; USSENCO, J.; SCHMITT, L.; KAUER, L.; AMORIM, N.; HEINECK, R.; BITELO, S.; STRASSBURGER, T.; ALMEIDA, T. Criação de um núcleo regional da rede "engineers without borders" (engenheiros sem fronteiras) para organização de projetos de cooperação técnica com a participação ativa de alunos de engenharia. In.: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE., 2014, **Anais**. Juiz de Fora. 2014.

MONTEIRO, R. R. **Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Unisinos**. Palestra apresentada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2016.

MSF – Médicos Sem Fronteiras. Quem somos nós. 2017. Disponível em: http://www.msf.org.br/quem-somos. Acesso em 16/03/2017.

THE GLOBAL GOALS for sustainable development. Disponível em: http://www.globalgoals.org/pt/
UNESCO. Engineering: Issues, Challenges, and Opportunities for Development. Engineering Sciences Programme, UNESCO Publishing. Disponível em http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf. Acesso em 29/12/2016.

493. A IMPORTÂNCIA E DESAFIOS DOS SOFTWARES NO ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO: VENTILAÇÃO E AERODINÂMICA DAS CONSTRUÇÕES

ROSA, Cleyton[1](cleyton.rosa@arquitetura.ufjf.br); REIS, Gustavo*[1] *(gustavo.bonin@arquitetura.ufjf.br); ZAMBRANO, Letícia*[1] *(leticia.zambrano@ufjf.edu.br); BRANDÃO, Guilherme*[1] *(guilherme.loures@engenharia.ufjf.br)*

[1] Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

O adensamento das cidades é uma realidade e uma necessidade. As populações almejam viver em cidades e os princípios para cidades sustentáveis orientam ao adensamento como estratégia de se preservar os limites e a pressão das cidades sobre as zonas rurais. É notória a necessidade de instrumentos que facilitem a realização de estudos de implantação das edificações que gerem resultados consistentes e ágeis para a concepção de projetos urbanos. Fatores ligados ao conforto, como iluminação natural e ventilação nas edificações, de longa data, são alvo de atenção das legislações, porém, atualmente, a luta contra o aquecimento global e pela sustentabilidade das cidades ganhou mais importância. O objetivo deste trabalho é analisar a aplicação de instrumentos de modelagem computacional baseada em linguagem CFD (Computational Fluids Dynamics) no ensino do projeto arquitetônico e urbano, como meio de capacitar os futuros profissionais a lidarem melhor com os desafios enfrentados no ambiente urbano. Diversos fatores podem ser analisados na simulação computacional resultando em soluções projetuais ambientalmente mais eficientes e econômicas. A metodologia envolveu a pesquisa e teste dos softwares disponíveis para o estudo de ventilação e aerodinâmica das construções. Foram realizadas simulações similares ao conteúdo da bibliografia de referência que, geralmente, baseava-se em modelos matemáticos e simulações de modelos físicos em túnel de vento ou mesas d'água, como os estudos de Olgyay (1998) e Mascaró (1985). Os resultados demonstraram que os softwares analisados, dentre os disponíveis no mercado, apresentaram potencialidades específicas para cada fase de projeto e cada escala de estudo (meio urbano, edificação e espaço interno). O trabalho permite concluir que tais softwares podem ser acessíveis à estudantes de Arquitetura e Urbanismo, contribuindo para sua popularização no ensino e no mercado.

Palavras-chave: Ensino de Arquitetura, Simulação, Ventilação, Aerodinâmica das construções.

THE IMPORTANCE AND THE CHALLENGES OF SOFTWARE IN ARCHITECTURE AND URBANISM EDUCATION: VENTILATION AND BUILDING AERODYNAMICS

ABSTRACT

The densification of cities is a reality and a necessity. Populations aim to live in cities and the principles for sustainable cities indicate densification as a strategy to preserve the limits and pressure of cities on rural areas. The need for instruments that facilitate the implementation of studies of buildings that generate consistent and agile results for urbanism projects is well known. Factors related to comfort, such as natural lighting and buildings ventilation, have long been the focus of legislation, but today, the fight against global warming and for the sustainability of cities has gained

more importance. The objective of this research is to analyze the application of computational modeling tools based on CFD (Computational Fluids Dynamics) language in the teaching of architecture and urbanism, as a way to enable future professionals to better deal with the challenges faced in the urban environment. Several factors can be analyzed in the computational simulation resulting in more environmentally efficient and economical design solutions. The methodology involved the research and testing of software available for the study of ventilation and aerodynamics of buildings. Similar simulations were performed on the content of the reference bibliography, which was generally based on mathematical models and simulations of physical wind tunnel models or water table, such as Olygay (1998) and Mascaró (1985). The results showed that the softwares analyzed, among the ones available in the market, presented specific potentialities for each project phase and for each scale of study (urban environment, the building and the internal space). The work allows to conclude that such softwares can be accessible to students of Architecture and Urbanism, contributing to its popularization in the teaching and in the market.
Keywords: Architecture Education; Simulation; Ventilation; Building Aerodynamics

1. INTRODUÇÃO

Mais que somente edificar o espaço, o Arquiteto e Urbanista pensa holisticamente os desafios oferecidos pelo projeto arquitetônico ainda em sua fase de concepção e define o desempenho dos edifícios em relação ao conforto de seus usuários (KOWALTOWSKI,1993). Além disso, busca soluções que darão diretrizes para toda a fase de projeto e que, por consequência, resultem edificações mais sustentáveis.

Para entendermos a importância de uma análise criteriosa do efeito do vento e o debruço dos futuros Arquitetos e Urbanistas em uma análise do microclima é primordial entendermos a realidade do ritmo que segue o processo de urbanização nas cidades brasileiras que, cada dia mais, modifica sua configuração. Segundo os dados divulgados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2010, é visível a tendência à urbanização: 84,4% dos brasileiros já domiciliavam em áreas urbanas, número muito significativo em relação ao número divulgado pelo mesmo instituto em 1960, quando este número era de 45,1%. Seguindo a lógica destes dados, a tendência mais previsível é a expansão da cidade até as zonas rurais e, quando não mais possível, uma expansão verticalizada e também um espraiamento para a periferia que gera uma nova e desafiadora forma da cidade.

Como desdobramento do crescimento exponencial da área urbanizada no Brasil é gerado um impacto que interfere não somente na organização e na morfologia da cidade, mas também na salubridade dos espaços projetados, já que resulta da mudança anormal do microclima, seja por conta dos afastamentos entre edifícios, do entorno adensado, da pouca iluminação, do desmatamento e também da baixa qualidade do ar. Neste contexto, estamos diante da denominada ilha de calor, evento típico das cidades urbanizadas. Não se pode generalizar que a urbanização traga apenas ônus à cidade, contudo segundo Figueiredo (2007) as “áreas urbanas são desafiadoras para o uso da ventilação natural.”, pois as barreiras aumentam e diminui a velocidade do vento. (FIGUEIREDO, 2007 apud URBVENT, 2004). Neste sentido, os construtores da cidade têm de estar munidos de ferramentas para conseguir solucionar estas complexidades do espaço.

De acordo com a literatura, conforme sustenta Givoni (1976) os fatores climáticos são primordiais e devem ser levados em conta no exercício projetual e no “desenho dos edifícios”, destacando-os, como “radiação solar, comprimento de onda da radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações”.

Salienta-se a importância do projetista enquanto sujeito que interfere no espaço e o modifica. Romero apud Lynch (1980) destaca o quão importante é o papel do "planejador" na cidade e põe à luz os componentes físicos do clima, como a temperatura, a umidade, a precipitação, a nebulosidade, a velocidade e direção dos ventos, além dos fatores externos ao clima.

Em relação à formação do arquiteto e urbanista, as diretrizes curriculares nacionais do curso de Arquitetura e Urbanismo evidenciam que a formação deve criar condições para que os estudantes possam lidar adequadamente com as questões que fazem parte dos estudos em conforto ambiental. A resolução nº 6 de 2 de fev 2006, art. 5º, alínea "b" salienta a necessidade pedagógica da "compreensão das questões que informam as ações de preservação e de avaliação dos **impactos** no meio ambiente, com vistas ao equilíbrio ecológico e ao desenvolvimento sustentável" (MEC-CNE/ CES, 2006, grifos nossos). Neste sentido o estudo da aerodinâmica das construções, sobretudo as simulações de seus fenômenos, revela-se como disciplina necessária para o profissional da área de conforto Ambiental.

Não somente do ponto de vista da prática acadêmica, o mercado de trabalho pede por soluções rápidas que, correntemente, simplifica os seus métodos e sintetiza os dados. Este sintoma ora é devido pela de falta de tempo para análises mais complexas ou mesmo as limitações são devidas a questões financeiras. (CUNHA, 2010). Além disso, o arquiteto de formação generalista possui dificuldade em lidar com questões mais complexas de ventilação nos projetos, pois os conhecimentos nos softwares em CFD são limitados. Segundo Cunha (2010, p. 15) o desinteresse aos métodos de "predição da ventilação natural" é percebido no meio acadêmico, mesmo quando terem tido as disciplinas que abordam isso, como a disciplina de conforto ambiental. Como resultado disso temos trabalhos que desconsideram análises importantes para uma boa ventilação natural. Neste ponto fica o questionamento que este trabalho propõe responder, qual a forma adequada de simular os ambientes de forma rápida e acessível?

Segundo também sustenta Trindade (2006, p.17) as simulações de dinâmica dos fluídos "são praticamente ignoradas por arquitetos em geral", tanto devido aos conhecimentos técnicos que ainda são poucos abordados na graduação em Arquitetura e Urbanismo quanto pela complexidade destas ferramentas que, majoritariamente, apresentam dados que, na maioria dos cursos, são pouco abordados, como os conceitos de fluidodinâmica e mecânica dos fluídos que permitiriam entender melhor os efeitos dos ventos sobre as edificações. Destaca-se além disso a manipulação no meio computacional.

Os modelos esquemáticos apresentados nos livros, fruto de análises e recomendações empíricas, são referências acessíveis, mas não são o bastante para apresentar informações precisas em todas as fases de projeto. Segundo Cunha (2010, p.14) a sua utilização como único recurso projetual pode tornar o processo equivocado para situações mais complexas, visto que são situações mais genéricas. Ainda de acordo com Trindade (2006, p.17) "a simulação computacional tem se tornado uma alternativa cada vez mais viável em relação ao túnel de vento, sendo mais acessível para grupos de pesquisa de pequeno e médio porte." Com vistas a contribuir para o preenchimento destas lacunas busca-se neste artigo analisar a aplicação de instrumentos de modelagem computacional baseada em linguagem CFD (Computational Fluids Dynamics) no ensino do projeto arquitetônico e urbano.

Conforme destacado por Drach (2016, p. 81-82) os programas computacionais são importantes na análise dos efeitos do vento. Ainda de acordo com a autora, os programas permitem que os projetos sejam "previamente testados, reduzindo a possibilidade de erros", e ainda oferecem dados rápidos e intuitivos, não somente numéricos, mas em escalas de cores, algo que é familiar à formação visual dos alunos de Arquitetura e Urbanismo. Além de apresentar as ferramentas e os recursos digitais a que se tem acesso para oportunizar uma melhoria na qualidade no processo cognitivo de projeto.

Segundo Bittencourt (1993, apud Trindade, 2006, p.17), os softwares possuem algumas limitações, mas, "[...] uma modelagem mais detalhada pode tornar a simulação uma opção mais viável se comparada com medições de campo ou experimentos em túnel de vento".

2. OBJETIVO

Buscando alinhar-nos com o conteúdo oferecido nos cursos de Arquitetura e Urbanismo partimos do pressuposto de que sejam adotados softwares de simulação dos fluidos de uso intuitivo, gratuito e que permita uma utilização mais popular e abrangente, principalmente para os alunos da graduação em Arquitetura e Urbanismo, visto que os outros meios de simulação, como os túneis de vento e as mesas d'água para simulações físicas não se apresentam tão acessíveis quanto o meio digital.

Portanto, buscou-se pesquisar, testar, avaliar e selecionar as opções disponíveis que melhor atenderam ao objetivo deste trabalho: encontrar softwares que possibilitem a simulação da ventilação e da aerodinâmica das construções de forma acessível a estudantes que não tenham conhecimento aprofundado de fluidodinâmica, contribuindo para a popularização do exercício de tais análises desde as etapas mais iniciais de projeto arquitetônico ou urbanístico.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho se estrutura em 5 (cinco) partes: (1) Pesquisa bibliográfica, (2) Definição dos grupos morfológicos a serem estudados, (3) Simulações dos modelos encontrados nas referências bibliografias como forma de validação dos programas em análise, (4) Simulações dos grupos morfológicos e (5) Análise dos resultados obtidos com os programas.

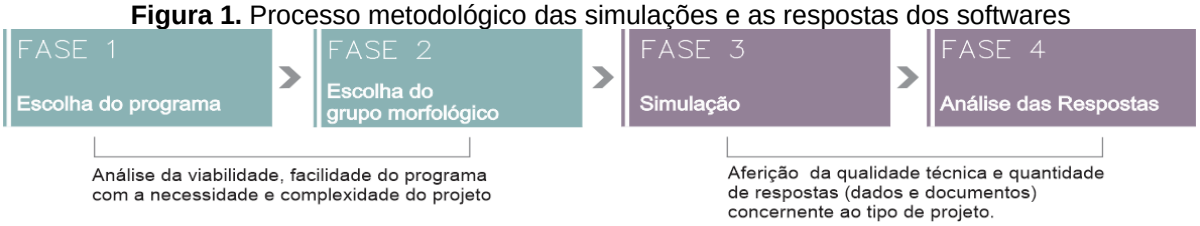
É válido mencionar que as simulações irão considerar os seguintes dados concernentes à ventilação por efeitos dos ventos: rugosidade do terreno, fatores da topografia, altura dos edifícios, afastamentos entre os edifícios, materiais, velocidade média e básica do vento, proporção das ruas, aberturas para a rua e orientação da área em relação a direção do vento.

Foram adotados os seguintes critérios para avaliação dos softwares: compatibilidade com sistemas operacionais, interoperabilidade entre os softwares (entrada de dados e modelagem), tipos de dados gerados, qualidade gráfica dos resultados, precisão e tempo de simulação, facilidade de obtenção e viabilidade financeira, idioma, salvamento e formato, interface e facilidade de manuseio e atualizações e versões.

3.1 Da escolha dos casos

O procedimento metodológico utilizado neste trabalho partiu, inicialmente, para a execução e análise das simulações, categorizados pelos grupos morfológicos e pelos seus casos, sendo possível o cruzamento dos resultados e obtendo as respostas que cada programa ofereceu para o grupo em análise. A metodologia está representada na figura 1.

Figura 1. Processo metodológico das simulações e as respostas dos softwares



Fonte: Produzido pelos Autores

Os grupos morfológicos foram definidos para caracterizar três cenários urbanos típicos observados nas cidades brasileiras (ambiente periférico ou rural, bairro tipicamente residencial com casas e edifícios espaçados, ambiente central densamente ocupado com edifícios altos) com densidades que lhes sejam representativas, para compor os ambientes de inserção e de análise de uma dada edificação, sobre a qual os efeitos do entorno serão estudados nos programas.

Tabela 1. Grupos Morfológicos

GRUPO	CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO MORFOLÓGICO
Grupo Morfológico I - ocupação periférica ou rural	Espaço Urbano: espaço plano, sem obstruções Edificações: baixas com altura média variando até 3 m Entorno: grandes vazios e vegetação em pontos isolados concentrados.
Grupo Morfológico II - bairro tipicamente residencial com edifícios espaçados	Espaço Urbano: pouco denso, verticalização mediana e obstáculos intercalados. Edificações: médias com altura médio variando entre 10 m e 12 m. Entorno: alguns vazios. Presença de vegetação não obstruindo completamente a passagem do vento. Presença de muros.
Grupo Morfológico III - zona central densa com edifícios altos	Espaço Urbano: denso, verticalização intensa, obstáculos abundantes. Edificações: altas com altura média variando entre 25m e 50 m Entorno: pequenos vazios. Pouco recuo entre as edificações. Pouca presença de vegetação no entorno próximo, mas presença no seu polo.

Fonte: Autores

As escalas de análise consideradas nas simulações dos grupos foram: (a) Ambiente interior, (b) Envoltória, (c) Entorno próximo, (d) Análise urbana. A resposta destas escalas dos grupos, integrante da fase 4 (quatro) da metodologia, permitiu ver como cada programa respondeu, seja pela qualidade gráfica, pelos tipos de dados gerados, conformidade e a possibilidade de análise para cada critério.

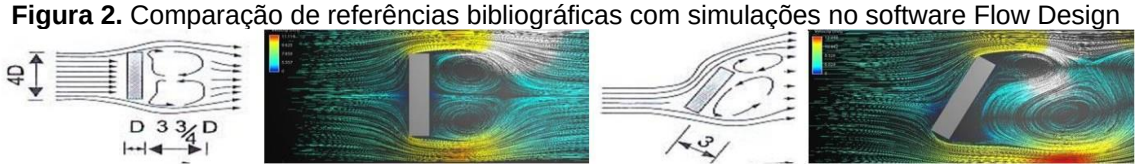
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a pesquisa dos softwares disponíveis foram encontrados 8 (oito) softwares de características variadas: Design Builder, Ecotect, ENVI-met 4, Autodesk Flow Design, Fluxovento, Honeybee, Phoenics e Rhino CFD. Destes, 5 (cinco) softwares foram desconsiderados das análises pois, pedagogicamente, comprometem uma questão muito importante para o uso no ensino de Arquitetura e Urbanismo: o acesso aberto e gratuito aos estudantes. O Honeybee, plugin do Rhinoceros, e o Rhino CFD se mostraram muito complexos para a instalação, o Phoenics e Design Builder são de licença paga e o Ecotect não é mais disponibilizado por sua desenvolvedora, a Autodesk.

4.1 Simulações baseadas nas referências bibliográficas

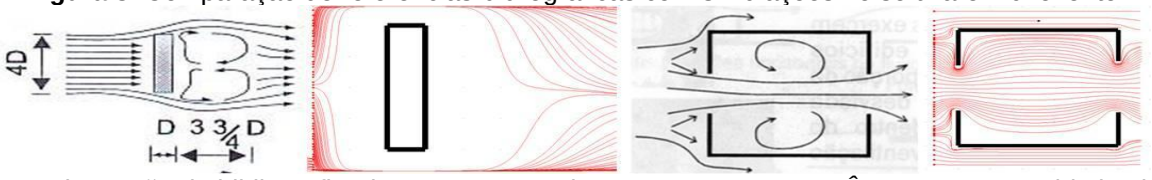
Os modelos analíticos apresentados pelas referências bibliográficas são bons parâmetros para a validação das simulações dos programas. Na comparação entre o modelo de Hertz (1998) e o reproduzido no SketchUp 8 (TRIMBLE, 2016) e simulado no software Autodesk Flow Design, na figura 2 abaixo, é possível perceber a compatibilidade da simulação computacional e o modelo gráfico. Os vórtices estão presentes de forma detalhada, tanto visualmente, com as linhas de fluxo do vento e escala de cores que representa a variação de velocidade (ganho de velocidade em amarelo nas arestas a barlavento do modelo), como numericamente, com os valores de velocidade na escala, facilitando-se a visualização do usuário. Já a simulação do mesmo modelo da bibliografia no software Fluxovento, como apresentado na figura 3, apresentou os dados apenas de forma gráfica e muito simplificada, sendo que a análise da esquerda não obteve resultado satisfatório e a da direita, de ventilação interna, a especialidade do software, se mostrou mais adequada.

Figura 2. Comparação de referências bibliográficas com simulações no software Flow Design



Fonte: Hertz, 1998, p. 55 e simulações no programa Autodesk Flow Design elaborada pelos autores

Figura 3. Comparação de referências bibliográficas com simulações no software Fluxovento



Fonte: Ilustração da bibliografia Fleury, 1990, apud BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C, 2006)(primeira e terceira acima à direita) e simulações no software Fluxovento

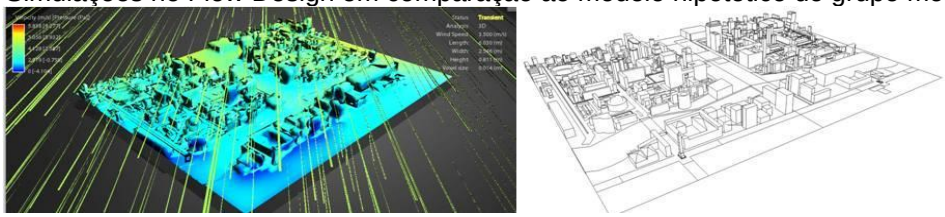
4.2 Autodesk Flow Design

Autodesk Flow Design, programa da autodesk, disponível em versão gratuita para estudantes apresenta variadas formas de simulação e visualização da dinâmica dos fluídos, sendo uma ferramenta que apresenta um potencial bastante positivo para o ensino de ventilação e aerodinâmica das construções. O programa permite também a análise de pressão e velocidade do vento apresentada em forma visual com cores de escalas que podem variar, como também numericamente com os dados apresentados na unidade de força pascal (*Pa*) e a unidade de velocidade em metros por segundo (m/s).

O programa oferece dados dos coeficientes de arrasto em forma de gráfico em tempo real a depender do processamento do computador. Além disso, as visualizações na plataforma podem ser na resolução de 50% a 400% que permite o uso em diversas máquinas. A entrada dos dados é feita de forma manual, incluindo os dados de velocidade do vento e a orientação do bloco através da ferramenta “orientation”.

Na simulação da Figura 4 de um modelo hipotético do grupo morfológico 3, foi possível compreender com as escalas de cores e as linhas de fluxo do vento os efeitos de reverberação do vento, com as alterações de velocidade e direção através dos obstáculos abundantes.

Figura 4. Simulações no Flow Design em comparação ao modelo hipotético do grupo morfológico 3

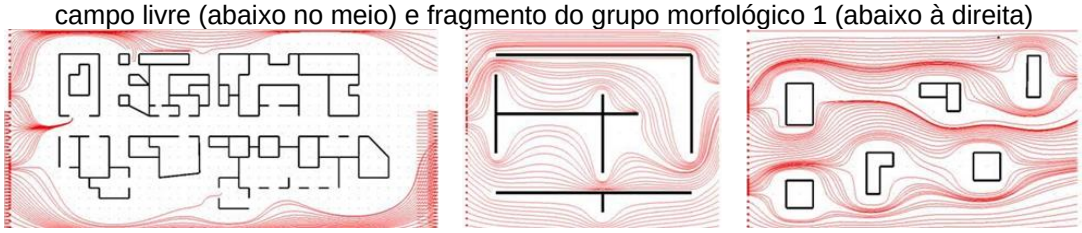


Fonte: Produzido pelos autores no software Flow Design

4.3 Fluxovento

O software Fluxovento é gratuito e de fácil instalação. Apresentou-se muito satisfatório para estudos iniciais e de concepção, pois oferece dados de forma rápida e intuitiva, principalmente para auxiliar na alocação das aberturas, visualização do efeito de ventilação cruzada, além disso permite o entendimento da fluidodinâmica básica no meio computacional. O resultado bidimensional e qualitativo não apresenta nenhum dado numérico do fluxo ou do efeito do vento, como velocidade e pressão, mas apenas as linhas de correntes do vento. A maior barreira desse programa é sua ferramenta de desenho, que só possibilita desenhos de construções simples, não permitindo curvas, angulações decimais, dessa forma não apresentando boa performance quando inserido muitos elementos como no grupo morfológico 3 na Figura 5 à direita. Já quando simulado um ambiente interno em campo livre e o grupo morfológico 1, com menos elementos, esta performance foi mais satisfatória.

Figura 5. Análise de um fragmento do grupo morfológico 2 (abaixo à esquerda) e ambiente interno em campo livre (abaixo no meio) e fragmento do grupo morfológico 1 (abaixo à direita)



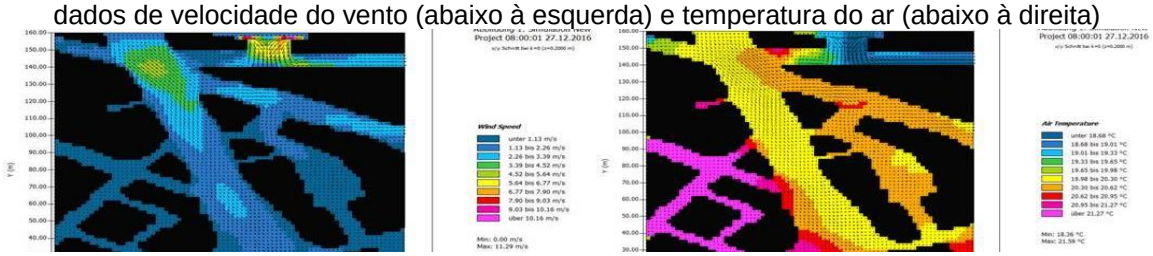
Fonte: Produzido pelos autores no software Fluxovento

4.4 ENVI-met 4

O software ENVI-met 4 possui módulos que realizam as etapas de análise até o resultado final: o EagleEye para extração do mapa da área de análise, o SPACES para modelagem das edificações e vegetações, o ConfigWizard para configuração de todos os dados da simulação, ENVI-met para a simulação e o LEONARDO 2014 para visualização dos resultados em gráficos variados. O ENVI-met 4 utiliza a georreferência das áreas de estudo, possuindo um banco de dados que fornece as condicionantes climáticas das localidades e gera resultados que respondem à diversas variáveis do microclima, o que aumenta a precisão das simulações. A modelagem é feita de forma limitada, visto que é conformada através de blocos em malhas. Os gráficos gerados nas análises são 2D e utilizam de escalas de cores, possibilitando uma variedade de tipos de dados de vento e temperatura a serem visualizados, mas deixam a desejar em um importante dado a ser extraído de um estudo de aerodinâmica, as forças dos ventos sobre as faces da edificação na simulação 3D. Na Figura 6, percebe-se que foi possível cruzar, entre diversas outras possibilidades, dados como a velocidade e direção do vento com a temperatura da área analisada (na cidade do Rio de Janeiro, como

exemplo do grupo morfológico 3), onde os locais de ventilação mais branda são geralmente mais quentes, já as vias mais amplas que recebem mais ventilação e a canalizam devido à altura dos edifícios, são menos quentes.

Figura 6. Análise do grupo morfológico 3 (trecho da Avenida Rio Branco na cidade do Rio de Janeiro), dados de velocidade do vento (abaixo à esquerda) e temperatura do ar (abaixo à direita)



Fonte: Produzido pelos autores no software ENVI-met 4

4.5 Síntese das respostas dos softwares

Considerando os critérios aplicados na análise, o software Autodesk Flow Design é compatível com os sistemas operacionais Windows e Mac e, o Fluxovento e o ENVI-met 4, com Windows apenas, sendo que nenhum deles é compatível com o Linux. O Flow Design é compatível com outros softwares, pois permite a entrada de qualquer objeto 3D exportado em formato “obj” e “3ds”, podendo ser modelado mais precisamente pelos programas de modelagem mais usuais, como: Sketchup, Revit e Rhinoceros. O ENVI-met 4 utiliza o mapa da área selecionada, extraído do Google Maps em formato “bitmap” e importado no software, como referência para a modelagem, que é feita de forma simplificada. Já o Fluxovento não realiza importação de dados de outro programa e a construção do desenho 2D é feita no software de forma manual e simplificada. Quanto ao tipo de dado gerado, o Flow Design gera dados relacionados à pressão, velocidade e direção do vento; o Fluxovento gera as linhas de fluxo do vento, sem qualquer dado numérico e aporte visual; já o ENVI-met 4 é o software que gera dados mais completos, desde a velocidade e direção do vento até a temperatura e umidade relativa do ar em determinados dias e horários. Em relação à qualidade gráfica dos resultados, o Flow Design e ENVI-met 4 geram resultados com excelente tratamento gráfico, utilizando de escalas de cores na representação dos dados, sendo o primeiro mais completo na visualização 3D, como visto anteriormente na Figura 4 e na Figura 6 (o segundo) na análise do grupo morfológico 3. Já Fluxovento, apesar de apresentar resultados simplificados e em 2D, atende bem às necessidades de uma análise de ventilação interna, como mostrado na Figura 5. O Flow Design exige algumas horas ou mesmo dias até a estabilização do vento, a depender da complexidade da análise e do processamento do computador. O ENVI-met 4 também exige mais ou menos horas de simulação para compilação de todas as condicionantes ambientais a depender do número de horas configuradas para a simulação. Já o Fluxovento, apresenta os resultados praticamente instantaneamente e de forma bem simples, mas com poucas variáveis de entrada, como velocidade e outras características climáticas. Todos os softwares em questão são gratuitos e fáceis de baixar e instalar. Apenas o Fluxovento possui versão em português, pois foi desenvolvido no Brasil, enquanto os outros só possuem versão em inglês. Todos possuem o salvamento final por imagens. Os softwares Flow Design e Fluxovento tem interface extremamente intuitiva e visual. Já o ENVI-met 4 exige conhecimento prévio por possuir diferentes módulos, cada um com sua função nas etapas da análise, e ser de difícil manuseio. Quanto às atualizações e versões, o Fluxovento possui uma única versão lançada, enquanto Flow Design e ENVI-met 4 possuem versões que são frequentemente atualizadas.

5. CONCLUSÃO

O trabalho permitiu concluir que dos oito softwares analisados, três se apresentaram acessíveis aos estudantes de Arquitetura e Urbanismo, os softwares Flow Design, Fluxovento e ENVI-met, não somente pela viabilidade financeira, mas também por sua interface mais intuitiva.

O Fluxovento obteve rendimento muito satisfatório em relação a escala de análise (a) Ambiente Interior, pois apresentou escoamento do fluido de forma rápida e precisa, embora não se tenha a possibilidade de análise da velocidade dos referidos fluidos. O software Fluxovento não obteve resposta, quanto à escala (b) Envoltória, suficiente para mostrar os efeitos dinâmicos do vento como: desprendimento de vórtice, drapejamento e outros efeitos de nenhum dos grupos morfológicos. A aplicação nas escalas de análise (c) Entorno Próximo e (d) Análise Urbana não demonstrou o escoamento preciso, principalmente quando simulados ambientes muito adensados como no caso do grupo morfológico III.

O ENVI-met, diferentemente do Fluxovento, não possibilitou a análise da escala (a) Ambiente Interior. Na escala de análise (b) Envoltória, não foi possível analisar a pressão dos ventos sobre a edificação, não obstante, foi apresentada pelo programa a alternativa de análise dos efeitos dinâmicos do vento. Quanto às escalas de análise (c) Entorno Próximo e (d) Análise Urbana, o ENVI-met mostrou-se preciso e o mais ideal dentre os analisados. Como resultado das diversas variáveis inseridas, apresentou o correto escoamento do vento em ambiente densos e não densos, como foi classificado nos grupos morfológicos deste trabalho, inclusive com elementos obstrutores como a vegetação, os muros e outros elementos. Permitiu, também, a possibilidade de visualização de uma gama de dados não somente ligados à ventilação, mas também dos elementos que influenciam o fluxo do vento, como a temperatura, umidade do ar e também o mapa de massa de vegetação.

O Flow Design, apesar de permitir a análise da escala (a) Ambiente Interior, não possui bom manuseio da visão da simulação, fator que dificulta o entendimento do resultado. O software obteve o melhor desempenho na análise da escala (b) Envoltória, pois permite compreender o fluxo do vento e seus efeitos na visualização 3D, além das pressões sobre as faces da edificação e a velocidade do vento em escala de cores. Na simulação das escalas de análise (c) Entorno Próximo e (d) Análise Urbana, o Flow Design se mostrou com desempenho satisfatório, pois permitiu a visualização das mesmas variáveis da análise de envoltória, mas com maior demora para estabilizar a simulação devido ao aumento da complexidade do modelo.

Tomando como base as possibilidades e os limites de cada software analisado foi possível concluir que os softwares se complementam e permitem um entendimento das diversas escalas de análise. Por conseguinte, também possibilitaram uma análise mais holística do projeto, tanto ele no seu ambiente interno, quanto ele no seu entorno próximo ou em sua gleba urbana. Isto reforça o cunho pedagógico que cada um impera sobre o entendimento do aluno em relação àquele conteúdo. Na fase de anteprojeto, os programas Flow Design e ENVI-met tiveram uma melhor performance, visto que apresentaram dados precisos e que poderão nortear as diretrizes essenciais para o projeto definitivo de uma obra e sua consequente execução.

Por fim, concluímos que, na aplicabilidade da experiência no ensino, além das dificuldades e desafios apresentados por todos estes softwares, o uso de simulações digitais em todos os casos potencializou os processos de pensamento de projeto, na compilação de informações do local analisado, na ampliação da capacidade de análises visuais, sendo portanto indicados para auxiliar as aplicações didáticas no ensino do conforto para aerodinâmica e ventilação.

AGRADECIMENTOS
Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora, à CAPES/CNPQ e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 6123 **-** Forças devidas ao vento em edificações. ABNT, Rio de Janeiro, 1988.

AUTODESK. Autodesk Flow Design. s. [S.l], 2016. Disponível em: http://www.autodesk.com/education/free-software/flow-design. Acesso em: 15 de nov. 2016

BRAIDA, Frederico. 101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital. In: DRACH. *DFC (Dinâmica dos fluidos computacional)*. São Paulo: Probooks, 2016. p. 82-83.

CARVALHO, C. V. A. e MARTHA, L. F.. FLUXOVENTO. Programa para Análise de Ventilação em Ambientes Construídos – Versão 1.0. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em http://www.tecgraf.puc-rio.br/etools/fluxovento/.

CUNHA, Leonardo J. B. F. Análise de métodos para aplicação de ventilação natural em projetos de edificações em Natal-RN / Natal, 2010. 140 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FIGUEIREDO, Cíntia. Ventilação Natural em Edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo: limites e possibilidades do ponto de vista do conforto térmico.São Paulo, 2007. 221p. Dissertação Mestrado -USP.

IBGE. Vamos conhecer o Brasil -nosso povo- características da população. 2016. Disponível em: http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/caracteristicas-da-populacao.html Acessado em 20/12/2016.

IBGE. Sinopse do Censo Demográfico 2010. 2016. Disponível em: http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=9&uf=00. Acessado em 17/12/2016.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. O Projeto Arquitetônico e o Conforto Ambiental: Necessidade de uma Metodologia. 1993. Disponível em: http://www.dkowaltowski.net/1115.pdf. Acessado em 15/12/2016.

TOZZI, M.; OTA, J. Vertedouro em degraus. Revista da Vinci. V.1, n.1, p. 9-28, 2004.

MEC. RESOLUÇÃO Nº 6, DE 2 DE FEVEREIRO DE 2006. 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=5649-rces06-06&Itemid=30192. Acessado em: 25 de nov. de 2016.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. PRINCÍPIOS BIOCLIMÁTICOS PARA O DESENHO URBANO. São Paulo: ProEditores, 2000.

TRINDADE, Sileno Cirne. Simulação computacional como ferramenta de auxílio ao projeto: aplicação em edifícios naturalmente ventilados no clima de Natal/RN / Natal, 2006. 138 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

556. DISPONIBILIDADE DE INVESTIMENTO EM SOLUÇÕES DE BAIXO IMPACTE AMBIENTAL

ARAÚJO, Catarina[*1](cba@cibil.uminho.pt); ALMEIDA, Manuela[1] (malmeida@civil.uminho.pt); BRAGANÇA, Luís[1](braganca@civil.uminho.pt)*
[1]Universidade do Minho (UMinho), Portugal
**Autor correspondente*

RESUMO
O setor dos edifícios é um dos principais responsáveis para os desafios ambientais do planeta Terra. A diminuição dos impactes ambientais neste sector tem sido um tema amplamente discutido e abrangido por muitas das metas governamentais dos últimos anos. Contudo, a decisão pela aplicação de soluções que efetivamente permitam diminuir os impactes ambientais dos edifícios está muitas vezes do lado do utilizador. Por este motivo, apesar de muitas vezes, algumas soluções terem elevado desempenho e reduzido impacto ambiental, a baixa aceitação por parte dos utilizadores acaba por ditar o seu insucesso. Tendo em conta que esta aceitação está maioritariamente associada a questões económicas, é importante compreender qual a vontade e a disponibilidade de investimento dos utilizadores em medidas de baixo impacto ambiental. Com o presente estudo pretendeu-se analisar concretamente qual o valor que os utilizadores estão dispostos a investir de forma a produzir menores impactes ambientais através dos seus edifícios. Para tal foi levada a cabo uma série de entrevistas a proprietários de edifícios residenciais localizados em Portugal. Os resultados permitiram concluir que embora uma parte da população não esteja disposta a investir neste tipo de questões, a maioria das pessoas está disposta a investir mais para obter menores impactes ambientais.
Palavras-chave: Disponibilidade de Investimento / Impactes ambientais / Utilizadores

INVESTMENT AVAILABILITY IN LOW ENVIRONMENTAL IMPACT SOLUTIONS

ABSTRACT
The building sector is one of the main contributors to the environmental challenges of the planet. The decrease of the environmental impacts of the sector has been a widely discussed theme. This issue has also been embraced by many governmental targets of the last years. However, the decision about whether or not implement sustainable measures is many times on the user's side. For this reason, despite the high performance and low environmental impact of some solutions, the low acceptance by the consumers dictates its failure. This acceptance is most of the time related to economic issues. Thus, it is important to understand the users' real investment availability and willingness in low environmental impact solutions. This study intends to analyze the value that the users are willing to pay in order to produce less building-related environmental impacts. An interview and survey campaign to Portuguese building owners was conducted. The results showed that although some of the population (around 25%) did not want to invest more to decrease the building's environmental impact, the majority is willing to pay more in order to obtain environmental benefits.
Keywords: Investment availability / Environmental impacts / Users

1. INTRODUÇÃO

O sector da construção é considerado como um dos que mais contribui para os problemas ambientais da atualidade. É responsável por 40% do consumo energético (EU, 2010), 50% da extração de materiais, 33% do consumo de água, 33% da produção de resíduos (EU, 2016). Por este motivo, o setor é visto como um dos mais importantes para combater os problemas ambientais do planeta, ou seja para adotar os princípios do desenvolvimento sustentável.
Contudo, a sustentabilidade é ainda, em grande parte, vista pelo sector industrial e pelos utilizadores dos edifícios como orientada para o ambiente. Por este motivo é usual que a mesma seja indicada como uma forma de obter benefícios ambientais a longo prazo e elevados custos económicos a curto prazo (DING, 2008). Esta ideia de que a construção sustentável acarreta custos elevados é um dos factores que mais contribui para uma reduzida e desadequada implementação deste conceito.
Vários estudos (ALWAER; CLEMENTS-CROME, 2010; ARAÚJO et al., 2009; ARAÚJO et al., 2016; TATARI; KUCUKVAR, 2011) comprovam que, numa perspetiva de ciclo de vida, a construção sustentável pode acarretar custos mais baixos do que a construção convencional. Contudo, apesar de todos estes estudos, os profissionais do sector da construção continuam a acreditar que a construção sustentável corresponde a custos iniciais substancialmente superiores (ISSA et al., 2010; AHN; PEARCE, 2007; PARK et al., 2013; SOON & AHMAD, 2015).
Assim, verifica-se a necessidade de desenvolver mecanismos que permitam identificar soluções sustentáveis que vão ao encontro da atual disponibilidade de investimento e que se apliquem a uma das áreas da construção civil com maior potencial de crescimento: a reabilitação.

2. OBJETIVO

Segundo os Censos de 2011, em Portugal existem mais 45% de alojamentos do que famílias (INE, 2011). O sector da construção civil Português encontra-se neste momento a dar sinais de recuperação económica após alguns anos de grave crise económica. Perante este cenário o setor tem agora a oportunidade de se reestruturar de forma a criar um novo modelo de desenvolvimento que tenha em consideração a sustentabilidade do edificado. Neste sentido, com o presente artigo pretende-se analisar a disponibilidade de investimento de proprietários de edifícios residenciais localizados em Portugal, em medidas aplicáveis a reabilitação de edifícios que permitam diminuir impactes ambientais.

3. MÉTODO DE PESQUISA

De forma a ser possível cumprir os objetivos do presente trabalho, foram realizadas entrevistas estruturadas e questionários a proprietários de edifícios residenciais Portugueses. Estas estratégias de investigação foram selecionadas tendo em consideração o facto de estarem inseridas num estudo exploratório onde se pretendem analisar e identificar as tendências de investimento.
O modelo das entrevistas/questionários foi inicialmente testado com 5 pessoas. Após este teste foram realizadas 28 entrevistas, sendo que o modelo foi, também nesta fase sucessivamente melhorado. No final, as entrevistas foram transformadas num questionário que foi enviado por *email* a cerca de 100 pessoas, das quais se obtiveram 26 respostas.
No que se refere aos impactes ambientais, foram desenvolvidas 3 questões relativas a: impactes ambientais do consumo de energia, impactes ambientais do consumo de água e impactes ambientais dos materiais de construção. Apresenta-se de seguida a secção relativa aos impactes ambientais do consumo de energia.

Figura 13. ***Secção relativa aos impactes ambientais associados ao consumo de energia***

A. Impactes ambientais do consumo de energia

Já decidiu investir 1000€ para diminuir os impactes ambientais relacionados com o consumo de energia, obtendo uma redução mínima do impacte ambiental. Indique o valor que estaria disposto a investir para obter cada um dos níveis de melhoria indicados.

Diminuição do impacte	Investimento
E	1 000 €
D	
C	
B	
A	
A+	

Os respondentes eram convidados a responder às perguntas tendo em mente um cenário de reabilitação do edifício do qual são proprietários.
Optou-se por se estabelecer uma escala de melhoria para compreender em que medida é que o aumento de desempenho está associado a um aumento na vontade de investimento. A escala adotada é a utilizada pela metodologia de avaliação da sustentabilidade de edifícios SBToolPT-H (MATEUS; BRAGANÇA, 2009), apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. ***Escala de avaliação do desempenho utilizada pela metodologia SBToolPT-H***

Nível	Condições
A+	NS > 1,00
A	0,70 NS < NS ≤ 1,00
B	0,40 NS < NS ≤ 0,70
C	0,10 NS < NS ≤ 0,40
D	0,00 NS < NS ≤ 0,10
E	NS < 0,00

Dado que se quer avaliar a disponibilidade de investimento numa operação de reabilitação, quis-se partir do principio que o entrevistado estaria perante uma situação em que já tinha decidido efetuar a reabilitação. Desta forma, determinou-se um valor de investimento mínimo de referência que permitiria obter uma melhoria mínima de referência. Este investimento corresponde ao investimento mínimo que é possível efetuar, em média, para obter uma pequena melhoria no desempenho do edifício ao nível dos três indicadores analisados. No caso dos impactes ambientais associados ao consumo energético considerou-se que essa melhoria seria possível após um investimento mínimo de 1000€. Já no caso dos impactes ambientais relativos ao consumo de água e aos materiais de construção, definiu-se que um investimento de 100€ seria suficiente.

3.1 Amostra

No total, contabilizando todas as entrevistas efetuadas e questionários obtidos, foi possível obter 54 respostas.
Os resultados obtidos estão relacionados com as características dos edifícios que são propriedade dos respondentes e com o rendimento das famílias. Na Figura 14 e na Figura 15 são apresentadas as distribuições percentuais das respostas obtidas relativamente ao ano de construção, tipologia e valor patrimonial dos edifícios e ao rendimento anual bruto das famílias.

Figura 14. ***Ano de construção e à tipologia (número de quartos) dos edifícios incluídos no estudo***

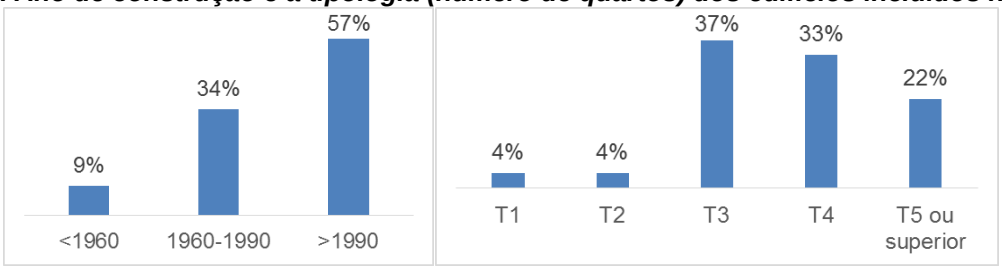
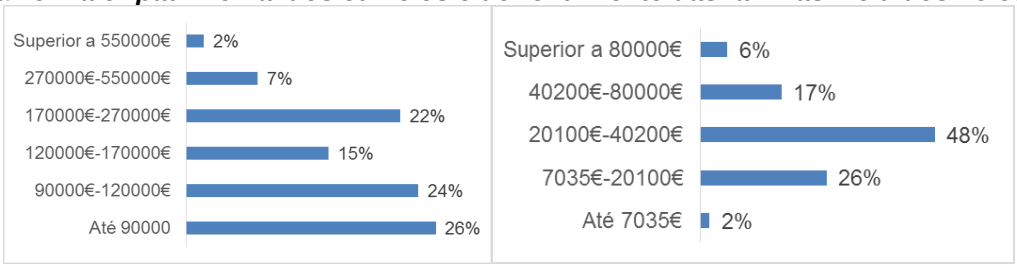


Figura 15. ***Valor patrimonial dos edifícios e do rendimento das famílias incluídos no estudo***



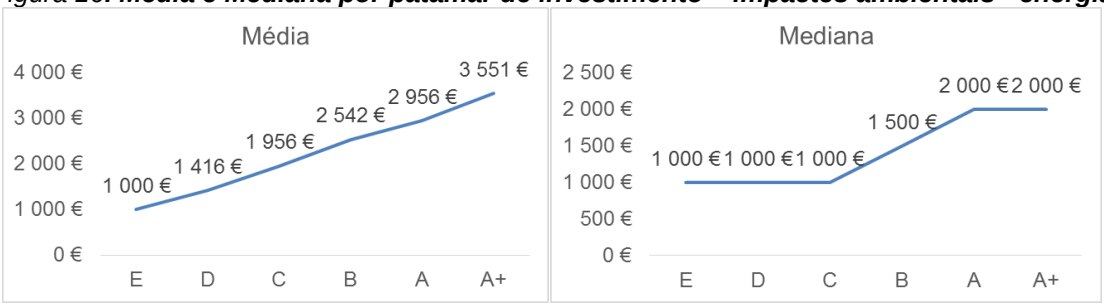
Nas figuras 3 e 4 é possível verificar que foi possível obter uma amostra diversificada que inclui diferentes tipos de edifícios pertencentes famílias com diferentes níveis de rendimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Impactes ambientais relativos ao consumo de energia

Na Figura 16 apresenta-se a média e a mediana da vontade de investimento em cada patamar de melhoria de desempenho ao nível dos impactes ambientais associados ao consumo de energia.

Figura 16. ***Média e Mediana por patamar de investimento – impactes ambientais - energia***



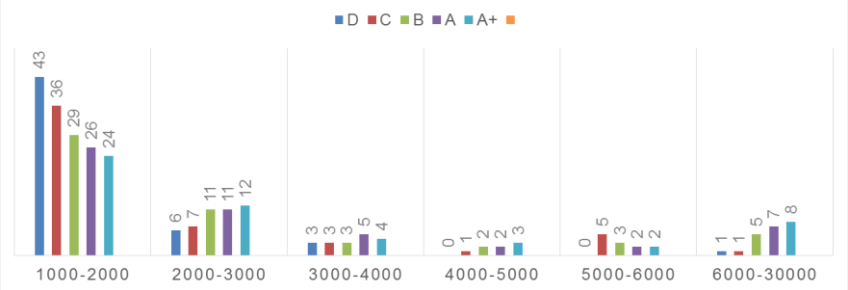
Verifica-se que os dois parâmetros apresentam valores bastante diferentes o que pode indicar algum enviesamento dos resultados. Isto ocorre porque alguns dos valores de investimento apontados são muito altos em relação aos restantes. Isto faz com que a média dos valores esteja relacionada não com o valor que em média as pessoas investem mas com o facto de um pequeno grupo de pessoas ter uma vontade de investimento muito superior às restantes. Curiosamente os valores mais elevados foram obtidos através de entrevistas em situações em que o entrevistado reforçou que era do seu interesse investir em soluções mais caras mas com menor impacte ambiental. Duas das pessoas com maior vontade de investimento trabalham com produção de materiais de construção. Estas afirmaram que as suas respostas estavam relacionadas com o facto

de compreenderem de que forma poderiam direcionar o investimento para que de facto fossem produzidos os efeitos desejados.
Tendo em conta os resultados obtidos, verifica-se que as pessoas têm tendência a investir apenas a partir do ponto em que obtêm melhorias de desempenho significativas. Os dois últimos patamares apresentam o mesmo valor de vontade de investimento o que poderá indicar que as pessoas não estão interessadas em investir mais do que 2000€, acima do investimento de referência, neste indicador.
Na Tabela 4 apresenta-se a moda das respostas obtidas em cada patamar. Verifica-se que a resposta mais repetida foi a situação em que as pessoas não investem mais do que o valor de referência. Contudo, à medida que o investimento leva a melhorias de desempenho mais significativas, mais pessoas fazem um investimento superior, sendo que no último patamar, apenas 14 pessoas mantêm a resposta de que não investiriam mais.

*Tabela 4**. Moda dos resultados obtidos e número de vezes que esse valor é repetido***

Benefício	Moda	Repetições
D	1 000 €	31
C	1 000 €	28
B	1 000 €	21
A	1 000 €	18
A+	1 000 €	14

*Figura 17**. Intervalos de investimento por patamares de melhoria de desempenho***

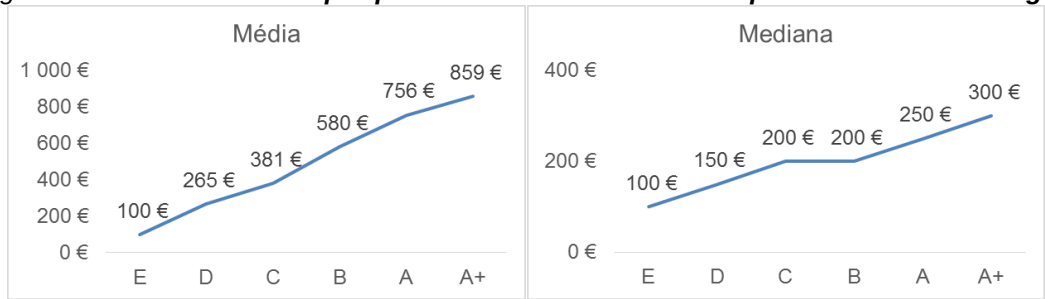


A mesma conclusão pode ser verificada na Figura 17 onde se observa que a grande maioria das respostas em todos os patamares incidiu no intervalo de investimento entre os 1000€ e os 2000€. Por outro lado, verifica-se que no patamar de desempenho mais elevados (A+) há mais pessoas a investir em intervalos de investimento superiores, o que corrobora a tese de que as pessoas investem mais quando sentem que esse investimento produzirá mais resultados.

4.2. Impactes ambientais relativos ao consumo de água

No que refere aos impactes ambientais relativos ao consumo de água, as pessoas têm tendência a começar a investir logo em patamares de desempenho mais baixo (Figura 18). Isto pode estar relacionado com o facto de o investimento de referência ser substancialmente mais baixo do que no caso dos impactes ambientais associados ao consumo de energia.

*Figura 18**. Média e Mediana por patamar de investimento – impactes ambientais – água***



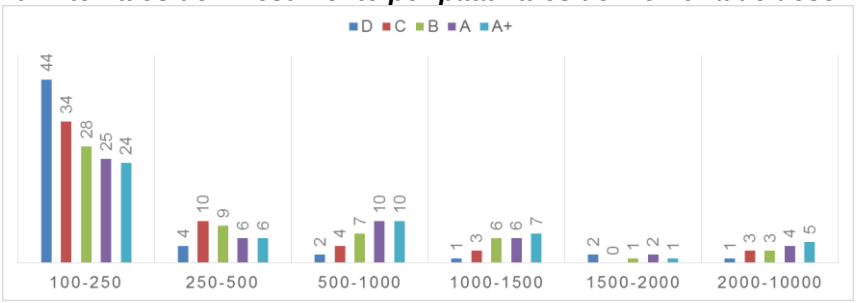
Tal como se pode verificar na Tabela 5, para os patamares de desempenho correspondentes aos níveis A e A+, o valor mais repetido corresponde a um investimento de 200€. Verifica-se assim que existe um maior número de pessoas a investir nestes níveis do que aquelas que mantêm o investimento de referência.

*Tabela 5**. Moda dos resultados obtidos e número de vezes que esse valor é repetido***

Benefício	Moda	Repetições
D	100 €	23
C	100 €	21
B	100 €	14
A	200 €	13
A+	200 €	14

Na Figura 19 verifica-se que a maioria das respostas indica que as pessoas não investem valores elevados neste indicador. Contudo, é possível observar que houve algumas respostas (16) no intervalo de investimento maior.

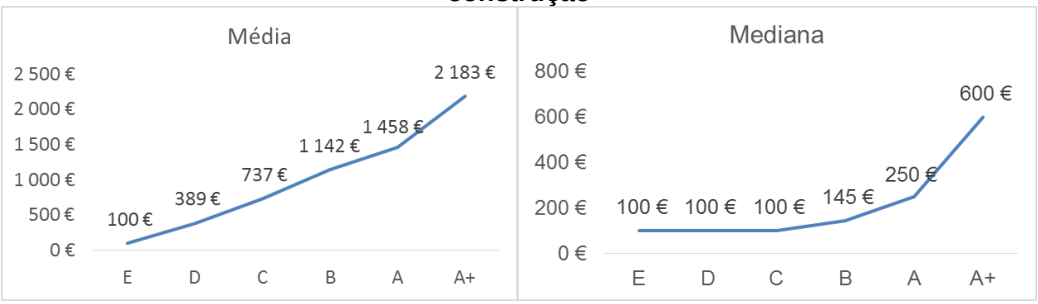
*Figura 19**. Intervalos de investimento por patamares de melhoria de desempenho***



4.3. Impactes ambientais relativos aos materiais de construção

No caso do indicador relativo aos impactes ambientais dos materiais de construção é visível (Figura 20) que os proprietários investem mais do que na diminuição dos impactes ambientais relativos ao consumo de água. Contudo, verifica-se que as pessoas apenas investem quando esse investimento se traduz numa melhoria significativa de desempenho (acima do nível B).

*Figura 20**. Média e Mediana por patamar de investimento – impactes ambientais – materiais de construção***

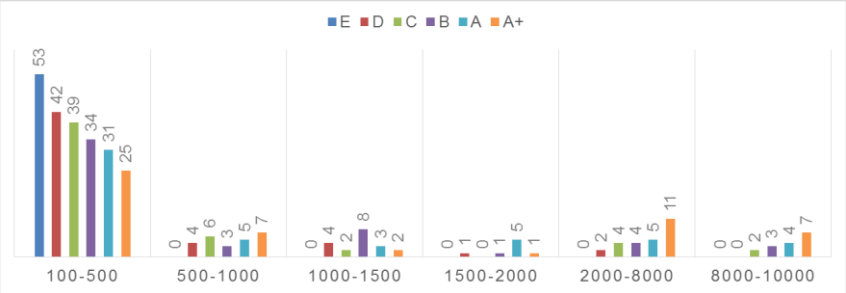


Na Tabela 6 verifica-se que a moda dos resultados obtidos é de 100€ para todos os níveis de desempenho. Das 54 respostas obtidas, 20 não investiram mais do que o valor de referência.

*Tabela 6**. Moda dos resultados obtidos e número de vezes que esse valor é repetido***

Benefício	Moda	Repetições
E	100 €	53
D	100 €	32
C	100 €	30
B	100 €	26
A	100 €	24
A+	100 €	20

*Figura 21**. Intervalos de investimento por patamares de melhoria de desempenho***



Embora a maioria das pessoas investa valores baixos para diminuir os impactes ambientais dos materiais de construção, é possível verificar que algumas estão dispostas a efetuar investimentos mais elevados, desde que o benefício obtido seja igualmente elevado. Na Figura 21 verifica-se que 42 pessoas afirmaram estar dispostas a investir mais do 2000€ neste indicador. Tendo em consideração que o investimento e referência neste indicador correspondem a 100€, este valor corresponde a um investimento elevado num indicador que não produz outro tipo de co benefícios para além da questão ambiental.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho são apresentados e discutidos os resultados das entrevistas e questionários que teve como objetivo compreender a vontade de investimento, de proprietários de edifícios Portugueses, em medidas com benefícios ambientais. Foram analisados três indicadores: impactes ambientais relativos ao consumo de energia, consumo de água e materiais de construção.

De uma forma geral, observou-se que a maioria dos proprietários estava sempre disposta a investir mais um pouco para obter este tipo de benefícios. Contudo, verificou-se que para os três indicadores analisados, cerca de 25% das pessoas afirmaram não estar dispostas a investir mais para diminuir os impactes ambientais. No que respeita às respostas que indicavam que as pessoas estavam dispostas a investir mais, verificou-se que as pessoas têm tendência a investir apenas a partir do ponto em que obtêm melhorias de desempenho significativas.
É importante referir que os resultados apresentados no presente artigo são resultados preliminares e que é necessário continuar a campanha de recolha de dados, nomeadamente para diminuir o enviesamento que é visível na diferença entre a média e a mediana dos resultados obtidos.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradeçam à Fundação para a Ciência e a Tecnologia e ao POPH/FSE-MCTES pelo apoio a este estudo através da bolsa com a referência SFRH/BD/112703/2015.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHN, Y.H.; PEARCE, A.R. Green Construction: Contractor Experiences, Expectations, and Perceptions. Journal of Green Building, 2, pp.106–122, 2007.

ALWAER, H.; CLEMENTS-CROOME, D.J.. Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings. Building and Environment, 45, pp.799–807, 2010.

ARAÚJO, C.; BARBOSA, J; BRAGANÇA, L.; ALMEIDA, M.. Cost-benefit analysis method for building solutions. Applied Energy, 173, pp.124–133, 2016.

ARAÚJO, C.; ALMEIDA, M.; BRAGANÇA, L.. Evaluation of the Impact of some Portuguese Thermal Regulation Parameters on the Buildings Energy Performance in a Cost/Benefit Perspective. SASBE2012 - Smart and Sustainable Built Environments: Emerging economies, 2009.

DING, G.K.C.. Sustainable construction - ”The role of environmental assessment tools. Journal of Environmental Management, 86, pp.451–464. 2008.

EU, 2010. Directive 31/2010/EU of 19 May 2010 on the energy performance of buildings E. Parliament, ed.

EU, 2016. European Commission -Environment - Sustainable buildings. Available at: http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm [Accessed November 11, 2016].

INE, 2011. CENSUS 2011 - Resultados Provisórios. , 2013. Available at: www.ine.pt.

ISSA, M.H.; RANKIN, J.; CHRISTIAN, A.J.. Canadian practitioners’ perception of research work investigating the cost premiums, long-term costs and health and productivity benefits of green buildings. Building and Environment, 45, pp.1698–1711, 2010

MATEUS, R.; BRAGANÇA, L.. Guia de Avaliação SBTool pt - H, iiSBE Portugal, 2009.

PARK, J. S.; LEE, S. J.; KIM, K. H.; KWON, K. W.; & JEONG, J.-W.. Willingness to pay for improvements in environmental performance of residential buildings. Building and Environment, 60, pp.225–233, 2013.

SOON, J.-J; AHMAD, S.-A.. Willingly or grudgingly? A meta-analysis on the willingness-to-pay for renewable energy use. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44, pp.877–887, 2015.

TATARI, O.; KUCUKVAR, M.. Cost premium prediction of certified green buildings: A neural network approach. Building and Environment, 46, pp.1081–1086, 2011.

558. EVOLUÇÃO E TENDÊNCIAS DAS PESQUISAS SOBRE AMBIENTE CONSTRUÍDO: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS ENCONTROS SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS (ANTAC)

DA SILVA, Nicole Gröff (groff.nicole@gmail.com); STALTER, Carline Fabiane (carlinestalter@gmail.com); EMMERICH, Ramiro (ramiroemmerich@gmail.com); KERN, Andrea Parisi (apkern@unisinos.br)*
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
**Nicole Gröff da Silva*

RESUMO
O estudo da evolução das pesquisar possibilita verificar o seu progresso ao longo tempo mostrando se houve mudanças constantes e/ou progressivas. Por outro lado, a tendência busca identificar o rumo que as pesquisas estão tomando. Ao unir a evolução às tendências é possível traçar um perfil completo do estudo e verificar se seu objetivo está sendo alcançado. Este trabalho buscou avaliar a evolução e as tendências de pesquisa nas temáticas do ambiente construído a partir dos estudos publicados nos encontros sobre edificações e comunidades sustentáveis promovido pela ANTAC (Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, desde 1997. Para isso utilizou-se da técnica da bibliometria aplicada aos trabalhos publicados no ENECS, ELECS e Euro-ELECS. A avaliação das tendências de pesquisa foi baseada nos seguintes indicadores: artigos publicados por edição, estudos publicados por instituição, estudos publicados por região, número de autores por trabalho, palavras-chave utilizadas e escala de pesquisa do estudo. Com estes indicadores foram gerados infográficos que mostram o perfil do evento ao longo de suas edições que contabilizam 1044 trabalhos científicos publicados, sendo que destes, 25% foram publicados na última edição (2015). O Brasil apresenta o maior número de artigos publicados, são 88,06% do total, que abordaram diversos temas, onde o que mais se destacou foi “sustentabilidade”.
Palavras-chave: evolução, tendência, bibliometria, sustentabilidade.

EVOLUTION AND TRENDS OF RESEARCH ON BUILT ENVIRONMENT: A BIBLIOMETRIC STUDY OF ENCOUNTERS ON BUILDINGS AND SUSTAINABLE COMMUNITIES (ANTAC)

ABSTRACT
The study of the evolution of the researches makes it possible to verify their progress over a long period, showing if there were constant and / or progressive changes. On the other hand, the trend seeks to identify the direction that the surveys are taking. By linking evolution to trends it is possible to chart a complete study profile and see if your goal is being achieved. This work sought to evaluate the evolution and trends of research in the environmental themes built from the studies published in the meetings on buildings and sustainable communities promoted by ANTAC (National Association of Built Environment Technology since 1997). The evaluation of the research trends was based on the following indicators: articles published by edition, studies published by institution, studies published by region, number of authors per work, Using these indicators were generated infographics that show the profile of the event throughout its editions that count 1044 scientific papers published, of which 25% were published in the last edition (2015). Brazil has the largest number of

articles published, 88.06% of the total, which addressed several themes, where the most stood out was "sustainability".
Keywords: evolution, trend, bibliometry, sustainability

1. INTRODUÇÃO

A agenda 21 conceitua a construção sustentável como "um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica". (MMA, 2016). Apesar de uma conscientização tardia, o setor da construção civil vem adotando uma postura proativa em relação às questões ambientais, o que pode ser observado através do surgimento de novos produtos, por exemplo. Estes apresentam tendências mais sustentáveis, com possibilidades de reaproveitamento e minimização do uso de recursos, como nos casos de vasos sanitários com redução de vazão, torneiras com sensores, sistemas de geração de energia alternativa, dentre outros. (CARVALHO; SPOSTO, 2012). Têm-se observado o crescimento mundial da utilização de materiais inovadores e menos impactantes - isso se deve ao fato do setor ser visto como um grande consumidor de recursos naturais, além de ser responsável por diversas emissões que provocam impactos negativos no meio ambiente. (MORELLI; LIMA; JÚNIOR, 2012).

Para Castanheira, Bragança e Mateus (2014), o desenvolvimento de metodologias que permitam apoiar os profissionais na criação de projetos mais sustentáveis, bem como mostrar-lhes os benefícios associados, são de suma importância para a materialização desse conceito. Carvalho e Sposto (2012) afirmam que é no projeto onde os produtos e as técnicas são definidos e especificados, trata-se do elemento indutor da racionalização da construção e da qualidade do produto final. Segundo Junior e Romanel (2013), projetos mais eficientes e com foco ambiental aplicado aos métodos e materiais utilizados podem auxiliar na eliminação do descarte incorreto de resíduos do processo. Neste contexto, ainda está presente o tratamento de tais resíduos, que exige uma nova abordagem, tal como uma logística circular com reciclagem e aproveitamento de recursos.

Atualmente, os desafios para o setor estão na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído. Surge então a necessidade de novos conceitos arquitetônicos, com maior flexibilidade nos projetos, permitindo a readequação de estruturas para usos futuros e evitando deste modo as demolições. Além disso, é importante que sejam incluídas a gestão da água, energia e resíduos e previstas ações para redução da geração de resíduos e do uso de materiais com alto impacto ambiental.

Neste cenário de mudanças, a sustentabilidade e inteligência das edificações vêm sendo avaliadas sob vários parâmetros e selos criados para este propósito. Os sistemas de certificação ambiental de edifícios, por exemplo, têm sido desenvolvidos devido aos impactos ambientais causados pela construção civil. A certificação ambiental neste âmbito pode ser considerada uma ferramenta para auxiliar a sustentabilidade ambiental no setor, cada vez mais afirmado no cenário mundial. (PICCOLI et al., 2010). No entanto, é fundamental que o processo de avaliação e classificação seja realizado sob a perspectiva de todo o processo, desde a extração da matéria prima até a finalização da obra, compreendida assim de maneira mais abrangente. (MANHÃES; ARAUJO, 2014).

Naturalmente, tal assunto fomenta discussões entre profissionais e pesquisadores interessados e a realização de eventos que abordem a problemática da sustentabilidade no ambiente construído surge como uma oportunidade para se refletir sobre o tema e compartilhar os diversos trabalhos científicos que enriquecem as pesquisas na área. É neste momento que se verificam também as tendências e os potenciais que contribuirão para a evolução do setor ao longo dos próximos anos.

Estudos bibliométricos são muito comuns neste campo, pois permitem a construção de indicadores de evolução das informações científicas e tecnológicas difundidas. Definida como “uma técnica quantitativa e estatística para medir índices de produção e disseminação do conhecimento”, a bibliometria tem como alguns dos principais objetivos a verificação de padrões, identificação de lacunas e problemas que possam vir a ser abordados em pesquisas posteriores e o acompanhamento do desenvolvimento gradual de uma área ao longo dos anos (Chueke e Amatucci, 2015; Lopes et al, 2012).

2. OBJETIVO

Avaliar as tendências de pesquisa nas temáticas do ambiente construído a partir dos estudos publicados nos encontros sobre edificações e comunidades sustentáveis, promovidos pela ANTAC.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O presente estudo foi desenvolvido a partir da técnica de bibliometria aplicada aos artigos publicados nos encontros nacionais (ENECS), latino –americanos (ELECS) e europeu latino-americano (Euro-ELECS), sobre edificações e comunidades sustentáveis, promovidos pela ANTAC com o objetivo de discutir questões inerentes à sustentabilidade no ambiente construído

A primeira edição do evento foi realizada em Canela, no sul do Brasil, em 1997, e a partir dessa, o encontro foi sendo realizado de dois em dois anos, sediado em diferentes cidades, como São Carlos, Campo Grande, Recife, Vitória e Curitiba, em 2001, 2003, 2007, 2009 e 2013. A edição de 2015, o Euro-ELECS 2015, foi por sua vez a primeira europeia latino-americana, ocorrida em Guimarães, Portugal, em julho de 2015. Em 2017, o evento Euro-ELECS tem sua sede em São Leopoldo, no Rio Grande do Sul, com o tema central “a sustentabilidade em tempos de transformação: desafios e oportunidades”.

A avaliação das tendências de pesquisa foi baseada nos seguintes indicadores: a) Artigos publicados por edição; b) Estudos publicados por instituição; c) Estudos publicados por região; d) N° de autores por trabalho; e) Palavras-chave utilizadas e f) Escala de pesquisa do estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As 8 edições do Encontro culminaram na publicação de 1044 trabalhos científicos, então avaliados por análise estatística. O Quadro 1 mostra a quantidade de artigos publicada em cada edição.

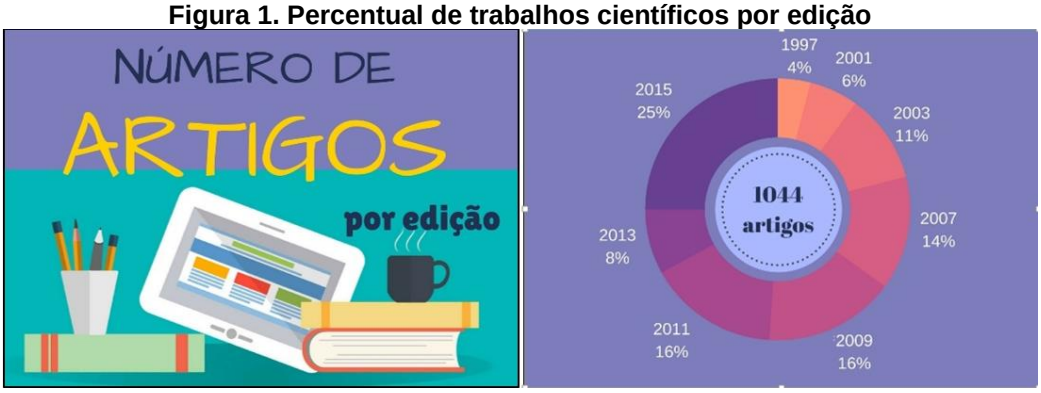
Quadro 1. Número de trabalhos científicos por edição

Ano	1997	2001	2003	2007	2009	2011	2013	2015
Artigos	46	61	106	152	166	165	87	261

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Na Figura 1, estes mesmos dados são ilustrados em percentual através de um infográfico.

Figura 1. Percentual de trabalhos científicos por edição



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

O número de autores responsáveis variou entre 1 a 9 por artigo, como demonstra o Quadro 2.

Quadro 2. Número de autores por artigo

	1 autor	2 autores	3 autores	4 autores	5 autores	6 autores	7 autores	8 autores	9 autores
1997	11	20	8	3	1	3	0	0	0
2001	14	22	14	8	1	1	1	0	0
2003	15	47	22	14	4	1	2	0	1
2007	20	54	44	18	5	3	4	3	1
2009	22	53	48	28	7	5	2	1	0
2011	12	45	56	31	11	7	1	1	1
2013	9	26	28	11	9	4	0	0	0
2015	27	66	84	48	21	10	3	1	1

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

De modo geral, a maioria dos trabalhos são elaborados pela parceria de 2 a 3 pesquisadores.

A intensa participação de instituições brasileiras contribuiu para a fração de 88,06% de estudos nacionais, tendo a região Sudeste do país a que tem o maior número de artigos publicados (da mesma forma que tem maior número de instituições participantes), como se verifica no Quadro 3.

Quadro 3. Contribuição do Brasil por região

Região	Norte	Nordeste	Centro-oeste	Sudeste	Sul	Distrito Federal
% de artigos	1,34	16,35	2,83	48,48	26,29	4,71
N° de instituições	8	24	7	52	37	3
Per capita	1,54	6,26	3,71	8,57	6,53	14,45

*Média do número de artigos publicados por região pelo número de instituições da mesma região

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Quanto aos Estados, destaca-se a participação de São Paulo, Rio Grande do Sul e Espírito Santo, com a publicação de 27,92%, 14,94% e 10,77%, respectivamente. Tais informações são apresentadas também na Figura 2.

Figura 2. Percentual de trabalhos científicos por região



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Os 11,94% restante dos trabalhos foram produzidos internacionalmente, pelos países descritos no Quadro 4, que mostra as edições do encontro que tiveram participação de autores de cada país.

Quadro 4. Participação por países nas edições do encontro

Pais	Edições	País	Edições
Alemanha	2001, 2007 e 2005	Argentina	2001, 2007, 2009,2011 e 2015
Austrália	2015	Bélgica	2015
Brasil	todas	Casaquistão	2015
Chile	2011 e 2015	Chipre	2015
Colômbia	2007, 2009, 2011, 2015	Costa Rica	2001
Equador	2015	Eslovênia	2-15
Espanha	2007, 2015	Finlândia	1997,
França	2011 e 2015	Grécia	2007
Holanda	2015	Itália	2011 e 2015
Lituânia	2015	México	2011 e 2015
Nova Zelândia	2011	Paraguai	2009
Peru	2001	Polônia	2015
Portugal	2003, 2007, 2013 e 2015	Reino Unido	2015
Macedônia	2015	Rep. Tcheca	2015
Sérvia	2015	Turquia	2015
Uruguai	2009 e 2015		

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

O crescimento do número de países contribuintes ao longo dos anos é evidente, uma vez que o lançamento do evento contou com a colaboração de apenas dois países, tendo este índice aumentado para 25 na sua última edição. Além do Brasil, que participou em todas as edições, destacam-se Portugal, Colômbia e Chile em termos quantitativos, embora a Argentina tenha estado presente com mais frequência (em 5 edições), porém com menor número de publicações.
É importante destacar que a intensa participação brasileira pode estar relacionada com fatores como a localização da sede e abrangência do evento, que se internacionalizou a partir de sua 2ª organização. A Figura 3 relaciona estes fatores.

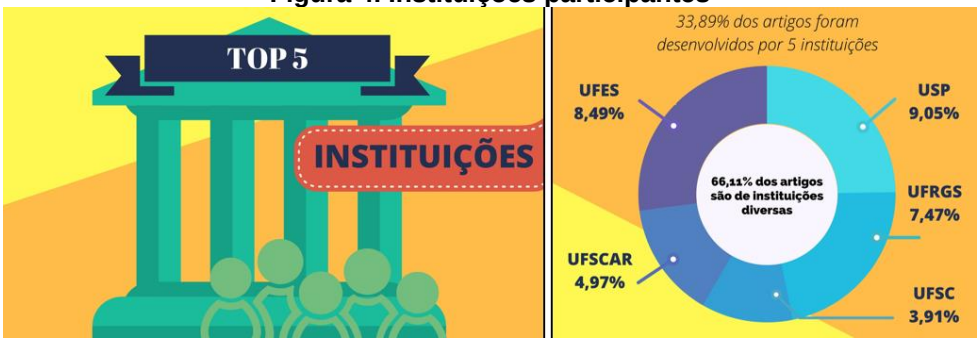
Figura 3. Instituições participantes



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Contabilizou-se 203 instituições integrantes (131 brasileiras e 72 estrangeiras), sendo 33,89% dos artigos desenvolvidos por 5 universidades brasileiras dos Estados de São Paulo, Espírito Santo Rio Grande do Sul e Santa Catarina, destacadas na Figura 4.

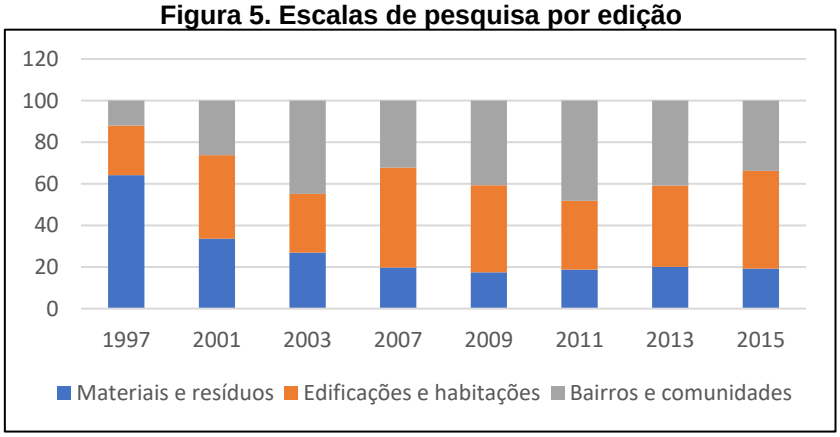
Figura 4. Instituições participantes



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Quanto à escala de pesquisa, dividiu-se os estudos entre as aplicações a materiais e resíduos, habitações e edificações e, por fim, bairros e comunidades sustentáveis. Este indicador foi elaborado com base na leitura e interpretação individual dos resumos de cada trabalho e é ilustrado segundo as edições pela Figura 5.

Figura 5. Escalas de pesquisa por edição



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

A escala “Materiais e Resíduos” teve notável destaque na primeira edição, que incluiu cada vez mais ao longo dos anos pesquisas associadas às demais escalas.

Por fim, a evolução da pesquisa científica pode ser percebida por meio da análise de termos e expressões comumente citados, presentes também nas palavras-chave, conforme o Quadro 6.

Quadro 6. Termos e expressões comumente citados

	1997	2001	2003	2007	2009	2011	2013	2015	TOTAL	%
Reciclagem	10,00	7,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	0,72
Resíduo	10,00	0	13,00	0	14	19	0	19	75,00	**2,01**
Construção	7,00	0	0	14	16	22	0	22	81,00	**2,17**
Energia	7,00	0	0	0	0	31	0	0	38,00	1,02
Sustentabilidade	6,00	21,00	30,00	47,00	58,00	53,00	25,00	54,00	294,00	**7,88**
Habitação	0,00	9,00	0,00	22	0,00	19,00	8,00	30,00	88,00	**2,36**
Meio ambiente	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,21
Impactos	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,16
Urbano	0,00	0,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,29
Arquitetura	0,00	0,00	9,00	14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,00	0,62
Planejamento	0,00	0,00	0,00	12	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,32
Gestão	0,00	0,00	0,00	0,00	15	0,00	0,00	0,00	15,00	0,40
Educação ambiental	0,00	0,00	0,00	0,00	13	0,00	0,00	0,00	13,00	0,35
Análise	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	30,00	39,00	**1,04**
Eficiência	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	8,00	0,21
Projeto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	8,00	0,21
	173	235	358	472	602	628	335	930	3733	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Dos 16 termos mais citados dentre as edições pesquisadas, selecionou-se os 5 mais frequentes, apresentados na Figura 6.

Figura 6. Palavras-chaves mais frequentes



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

É importante destacar que esta avaliação se deu a partir da reunião e contagem de termos e expressões similares, sendo que a nuvem de palavras formada corresponde a um grupo de vocábulos, alguns dos quais abrangidos pelo Quadro 7.

Quadro 7. Agrupamento de termos e expressões similares

Palavra-chave	SUSTENTABILIDADE	HABITAÇÃO	CONSTRUÇÃO	RESÍDUO	ANÁLISE
Termos similares	Sustentabilidade urbana, ambiental, da paisagem, social, na habitação, etc.	Habitação de interesse social, coletiva, popular, sustentável, etc.	Construção civil, em madeira, social, inteligente, sustentável, enxuta, etc.	Resíduo sólido, doméstico, urbano, construção e demolição, industrial	Avaliação de ciclo de vida, pós-ocupação, socioambiental, bioclimática, energética, etc.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

5. CONCLUSÃO

A partir dos dados apresentados, pode-se verificar que houve um grande aumento do número de trabalhos ao longo dos anos, partindo de 46 na primeira edição e chegando a 261 na edição mais recente. Isso pode ser explicado pelo fato do evento ter iniciado a âmbito nacional e depois se estender pela América Latina e Europa, além do fato de ter se tornado um evento tradicional na sua área. Também se pode destacar a divulgação do evento através do avanço da tecnologia e da disponibilidade de recursos econômicos assim como a realização do evento em diferentes cidades possibilitando sua expansão e reconhecimento. Dentre todos os trabalhos desenvolvidos nessas oito edições, o Brasil se destaca pelo número de artigos, são 88,06% do total sendo que a região sudeste foi responsável por 48,48% das publicações brasileiras, com média de artigos publicados por instituições de 8,57.

O evento chegou ainda à marca de 203 instituições participantes de 31 países, onde a edição de 2015, realizada em Portugal, apresentou o maior número de países participantes, comprovando a abrangência que o evento vem conquistando. Observou-se que na primeira edição do evento o assunto mais abordado foi Materiais e Resíduos, contudo, ao longo das edições, os assuntos Bairros e Comunidades bem como Habitações e Edificações ganharam espeço respondendo juntamente por mais de 80% dos artigos publicados na última edição. O termo mais citado dentre todos os artigos já publicados foi “sustentabilidade”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana, Curitiba , v. 5, n. 2, p. 27-37, Dec. 2013 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692013000200004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em : 30 Nov. 2016.

CARVALHO, Michele Tereza Marques; SPOSTO, Rosa Maria. Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. Ambient. constr., Porto Alegre , v. 12, n. 1, p. 207-225, Mar. 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212012000100014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 Nov. 2016

CASTANHEIRA, Guilherme Silveira; BRAGANCA, Luís; MATEUS, Ricardo. Definindo melhores práticas em projetos de Regeneração Urbana Sustentável. Ambient. constr., Porto Alegre , v. 14, n. 3, p. 7-25, Sept. 2014 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000300002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 Nov. 2016.

CHUEKE, Gabriel Vouga; AMATUCCI, Marcos, O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. Internext, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 1-5, mai/ago 2015.

LOPES, S. et al. (2012). A bibliometria e a avaliação da produção científica: indicadores e ferramentas. In: Actas do Congresso Nacional de Bibliotecários, Arquivistas e Documentalistas (No. 11).

MANHÃES, Gabriela, Siqueira; ARAUJO, Ronaldo, de Souza. Sustentabilidade nas Construções. Perspectivas Online: Hum. & Sociais Aplicadas, Campos dos Goytacazes, v. 11, n. 4, 15-24, 2014. Disponível em: http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/humanas_sociais_e_aplicadas/article/view/555/500. Acesso em: 30 Nov. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Construção Sustentável.** 2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 28 Nov. 2016.

MORELLI, Fabiano; LIMA, Maryangela Geimba de; SOUSA JUNIOR, Wilson Cabral de. Influência do ambiente natural sobre o ambiente construído: um estudo sobre o índice de chuva dirigida. Ambient. soc., São Paulo , v. 15, n. 1, p. 41-52, Apr. 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2012000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 Nov. 2016.

PICCOLI, Rossana.; KERN, Andrea, Parisi; GONZÁLEZ, Marco, Aurélio; HIROTA, Ercília, Hitomi. A certificação de desempenho ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 69-79, jul./set. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n3/a05.pdf. Acesso em: 30 Nov. 2016.

EURO ELECS 2017

SISTEMAS DE ESPAÇOS ABERTOS, ARBORIZAÇÃO, CLIMA URBANO, AGRICULTURA URBANA E PERMACULTURA

REALIZAÇÃO: UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

PROMOÇÃO: antac

APOIO / PATROCÍNIO: CAPES, CNPq, FAPERGS, CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul INTEGRANDO PROFISSIONAIS E SOCIEDADE

SUMÁRIO

98. CONFIGURAÇÃO DAS PAISAGENS SONORAS DAS PRAÇAS DA ÁREA CENTRAL DE FREDERICO WESTPHALEN 601

116. REQUALIFICAÇÃO DOS RIOS COMO UM INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE URBANA 611

124. BIODIVERSIDADE E INTERPRETAÇÃO DA PAISAGEM UMA CONTRIBUIÇÃO À SUSTENTABILIDADE URBANA 623

159. O PAISAGISMO PRODUTIVO NA SUPERQUADRA DE BRASÍLIA: PAISAGEM MONOFUNCIONAL EM TRANSIÇÃO A MÚLTIPLAS FUNÇÕES 631

190. VARIÁVEIS PARA VITALIDADE URBANA: ESTUDO DO PARQUE DA GARE, PASSO FUNDO/RS 643

238. AGRICULTURA URBANA E PROTEÇÃO AMBIENTAL: CONCILIAÇÕES NECESSÁRIAS PARA A PERMANÊNCIA DA AEIS DO GRAMOREZINHO NA ZPA 9 EM NATAL/RN 655

253. EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS EXTERIORES EN EL CONTEXTO COMPLEJO DE LAS CIUDADES TROPICALES. APP-SURVEY BARRANQUILLA 665

269. ANÁLISE CLIMÁTICA DE CHAPECÓ VISANDO O CONDICIONAMENTO TÉRMICO PASSIVO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: O CASO DO LOTEAMENTO EXPOENTE 677

272. AVALIAÇÃO DO MICROCLIMA URBANO EM UMA CIDADE GAÚCHA 689

315. PERMACULTURA URBANA: A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NA CIDADE INTEGRADA AO SEU PLANEJAMENTO 697

318. UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS SÓCIO-CULTURAIS NAS RENOVAÇÕES DE ÁREAS VERDES URBANAS DE PASSO FUNDO 707

320. ATENUAÇÃO SOLAR E SOMBREAMENTO PRODUZIDO POR ESPÉCIES DE PALMEIRAS EM ÁREAS URBANAS 719

348. ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICO PARA PRÁTICAS SOCIAIS E ESPAÇOS POTENCIAIS: UM ESTUDO SOBRE A REGIONAL 01 – GRANDE CENTRO, VILA VELHA-ES 729

360. ÁREAS VERDES E ESPAÇOS PÚBLICOS POTENCIAIS EM VILA VELHA – ES: UM ESTUDO SOBRE A REGIONAL 01 – GRANDE CENTRO 739

379. CONTROL TÉRMICO Y LUMÍNICO EN EDIFICIOS CON VEGETACIÓN INSTALADA EN VANOS DE FACHADA. CASO DE ESTUDIO: BIBLIOTECA LEÓN DE GREIFF, MEDELLÍN 749

410. AGRICULTURA URBANA COMO ELEMENTO INTEGRANTE DA INFRAESTRUTURA SUSTENTÁVEL: A SITUAÇÃO NO BRASIL E EM PORTUGAL 761

432. CONFIGURAÇÃO URBANA E SEUS IMPACTOS NO MICROCLIMA: ESTUDO DE CASO EM ARAPIRACA-AL 775

441. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE ÁREAS VERDES URBANAS: O CASO DO PARQUE DA CRIANÇA EM CAMPINA GRANDE/PB 785

458. AGRICULTURA URBANA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A AUTOSUSTENTABILIDADE ALIMENTAR EM MUNICIPALIDADES DE PEQUENO PORTE 795

480. CONFORTO FÍSICO APLICADO À QUALIDADE AMBIENTAL URBANA EM ESPAÇOS COLETIVOS: UM DIAGNÓSTICO DA CIDADE DE SÃO LUÍS, MARANHÃO. 807

487. ESTUDO DO IMPACTO DA VERTICALIZAÇÃO EM MICROCLIMAS URBANOS NA CIDADE DE ARAPIRACA-AL 817

495. FRAGMENTO NEGLIGENCIADO DA PAISAGEM URBANA. UM MÉTODO DE ABORDAGEM REVERSA ÀS JANELAS QUEBRADAS 827

98. CONFIGURAÇÃO DAS PAISAGENS SONORAS DAS PRAÇAS DA ÁREA CENTRAL DE FREDERICO WESTPHALEN

PAVAN, Giovana[1] (giovana_pavan@hotmail.com); ALVES, Alessandro[1] (alessandro@uri.edu.br); GAIDA, Cláudia[1] (gaida@uri.edu.br); STEFFENS, Renata[1] (reh_steffens@hotmail.com).*

[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Brasil.

RESUMO

Vivemos em meio a uma profusão de sons e ruídos oriundos do desenvolvimento social e tecnológico. Os sons que dominam a paisagem urbana foram se alterando ao longo dos anos e dos séculos, quando as primeiras vilas e povoados surgiam o que predominava eram os sons vindos da natureza, os ecos das vozes, e o soar das carroças. Após a revolução industrial, nos séculos XVIII e XIX, os sons e ruídos multiplicaram-se e se proliferaram mais rapidamente, em fontes e em níveis de pressão sonora, pois começaram a surgir as primeiras maquinas e posterior os carros automotores, os telefones, televisores, os aparelhos de som, os amplificadores e reprodutores e uma infinidade de outras maquinas e produtos que possibilitaram, ao longo dos anos, a transformação das cidades, do estilo de vida, da forma de trabalhar, se comunicar e inevitavelmente da paisagem sonora das cidades. Nesse trabalho busca-se elucidar sobre paisagem sonora e como ela interage com o meio, e sobre tudo configurar a paisagem sonora das praças, e entorno, do Bairro Centro e da Praça da CORSAN da cidade de Frederico Westphalen – RS. Para isso, o estudo parte do levantamento quantitativo das praças, da analise morfológica e configuração dos usuários, do entorno e identificação das principais atividades desenvolvidas no local, para posterior realizar as medições dos níveis de pressão sonora (NPS). A partir do estudo, verificasse que a Praça da Fonte, Praça da Matriz e a Praça da CORSAN apresentam um nível elevado de ruídos, em função dos usos ocasionais, os quais geralmente incluem o uso de aparelhos de som, do trânsito do entorno, principalmente por causa do transito de veículos de grande porte, como ônibus e caminhões e veículos com aparelhos de som. Todas essas causas requerem ações da administração municipal, seja gerenciando os usos das praças, ou infligindo maior controle e fiscalização quanto ao uso dos aparelhos de som nas praças e além de criar novas rotas para o transito dos ônibus, evitando que circulem no centro da cidade.

Palavras-chave: Paisagem sonora, praças, espaços públicos, controle de ruído.

CONFIGURATION OF THE SOUND LANDSCAPES OF THE CENTRAL AREAS OF FREDERICO WESTPHALEN

ABSTRACT

We live in the midst of a profusion of sounds and noises from social and technological development. The sounds that dominate the urban landscape have been changing over the years and centuries, when the first villages and settlements emerged that predominated were the sounds of nature, the echoes of voices, and the sound of carts. After the industrial revolution, in the eighteenth and nineteenth centuries, sounds and noises multiplied and proliferated more quickly, in sources and levels of sound pressure, as the first machines began to appear and later automotive cars, the telephone, televisions , Amplifiers and amplifiers and a myriad of other machines and products that have made possible over the years the transformation of cities, lifestyle, way of working, communicating and inevitably of the sound landscape of cities . This work seeks to elucidate the

sound landscape and how it interacts with the environment, and above all to configure the sound landscape of the squares, and surroundings, of the Center Quarter and the CORSAN Square of the city of Frederico Westphalen - RS. For this, the study starts with the quantitative survey of the squares, the morphological analysis and the configuration of the users, the surroundings and identification of the main activities developed in the place, to later carry out the measurements of the sound pressure levels (SPL). From the study, it was verified that the Fonte Square, Matriz Square and CORSAN Square presented a high level of noise, due to the occasional uses, which usually include the use of sound equipment, of the surrounding traffic, mainly, because of the traffic of large vehicles such as buses and trucks and vehicles with stereos. All these causes require actions of the municipal administration, is managing the uses of squares, or inflicting greater control and supervision on the use of stereos in the streets and beyond to create new routes for transit buses, avoiding circulating in the city center.
Keywords: Sound landscape, squares, public spaces, noise control.

1. INTRODUÇÃO

Paisagem é um conceito inerente da Geografia, que representa uma unidade de espaço, um lugar, com suas características, formas; cores; cheiros; barulhos e movimentos, descrito assim por Torres (2010). E ainda que as percepções que se tem sobre o lugar também são partes da paisagem, o que é reiterado por Claval citando Roger Brunet, apud Torres (2010), que a paisagem “só é paisagem quando percebida” (CLAVAL, 2004). Mas não deve ser limitada pelo sentido da visão, que as percepções também devem ser obtidas através de outros sentidos. “De fato, o que está em causa não é somente a visão, mas todos os sentidos; não somente a percepção, mas todos os modos de relação do indivíduo com o mundo (BERQUE, 2004) ” apud Torres (2010). Deste modo, no estudo da paisagem outros elementos ganham ênfase, como os sons.

Diferentes sons são percebidos em diferentes lugares e de maneiras distintas, em áreas rurais, que possuem grande quantidade de plantas e animais, e que as pessoas vivem mais distantes uma das outras, os sons e ruído são mais amenos e o que predomina são os barulhos da natureza. Já nas áreas urbanas que as pessoas vivem mais aglomeradas, o fluxo de veículos é mais intenso, onde barulhos da construção civil, do comércio, da interação das pessoas e de manifestações de seu modo de vida é constante, os níveis de pressão sonora são, consequentemente, mais elevados.

Ao citar algumas características que influenciam a singularidade de uma paisagem sonora, Lópes Barrio *apud* FERRETTI (2011), pontua que o desenho do espaço tem grande influencia na determinação de seus usos, e estes das fontes sonoras presentes nesses lugares, estando esses três fatores intimamente relacionados. Portanto, contexto e som são duas variáveis fortemente relacionadas. Schafer (1993) aponta também a relação entre o contexto e a paisagem sonora de uma sociedade, sinalizando que os materiais predominantes de uso em uma cultura condicionam a paisagem sonora da mesma. Ele aponta a importância das atividades e materiais existentes num ambiente como modeladores da sua paisagem sonora, podendo inferir que elas se alteram com as mudanças da sociedade. Murray, através da analise histórica das transformações da paisagem sonora, assinala a modificação pela ação de novidades tecnológicas e disposições legais, em diversos momentos e lugares, sendo um exemplo disso o uso de aparelhos reprodutores de som em qualquer lugar, costume facilmente percebido em praças, praias e até ônibus.

Na sociedade, atual, há uma multiplicidade de sons, que geram muitas informações acústicas, das quais poucas emergem com clareza (SCHAFER, 2001). “Eles exercem um enorme poder, pois, dependendo da circunstância, dominam o ambiente e impedem que os outros possam ser ouvidos. Os sons naturais seguem a linha da vida: nascem, crescem e morrem. Entretanto, os sons criados

pelo homem nascem e permanecem – amplificados, eletrificados – obedecendo a um ligar ou desligar de botão. ” (CASTANHEIRA, 2012).
Em virtude da superprodução de sons, há uma dificuldade no entendimento e as informações que recebendo são caóticas. Atingindo níveis mais críticos em grandes centros urbanos, pois cria-se uma massa ressoante que dificulta o entendimento dos sons presentes. Como é relatado por Nelson Aprobato Filho, que é citado por Torres (2010), “viver em São Paulo é renunciar ao silêncio, é incorporar-se, voluntária ou involuntariamente, a ritmos desencontrados, fragmentados por ruídos irritantes, harmonias inusitadas e dissonâncias estonteantes”.
O que é relatado por Nelson não acontece apenas em cidade com São Paulo ou Rio de Janeiro e sim em todos os centros urbanos, mas em maior ou menor escala. Frederico Westphalen possui, atualmente, cerca de 30mil habitantes, mas apresenta vários casos de perturbação sonora. Em decorrência da falta de leis municipais regulatórias, pouca fiscalização em relação às denuncias e principalmente falta de conscientização por parte da população.
Esses casos ocorrem principalmente em espaços comerciais que funcionam até tarde da noite e em espaços públicos de lazer. Este trabalho busca-se identificar o caráter das praças localizadas no Bairro centro e da Praça da CORSAN na composição da paisagem sonora da cidade de Frederico Westphalen – RS.

2. OBJETIVOS

Realizar a configuração da paisagem sonora das praças presentes no perímetro urbano da cidade de Frederico Westphalen - RS, para determinar se é uma fonte geradora de ruídos, ou, pelo contrário, absorvem o ruído gerado pelo entorno.

1.1 Objetivo específico

Configurar a paisagem sonora de cada praça, através da medição do NPS e da análise das fontes sonoras presentes em cada espaço, complementando o estudo do mapa acústico do centro da Cidade, realizado em paralelo pelo grupo de pesquisa do AUTEC do curso de Arquitetura e Urbanismo - URI.

3. METODOLOGIA

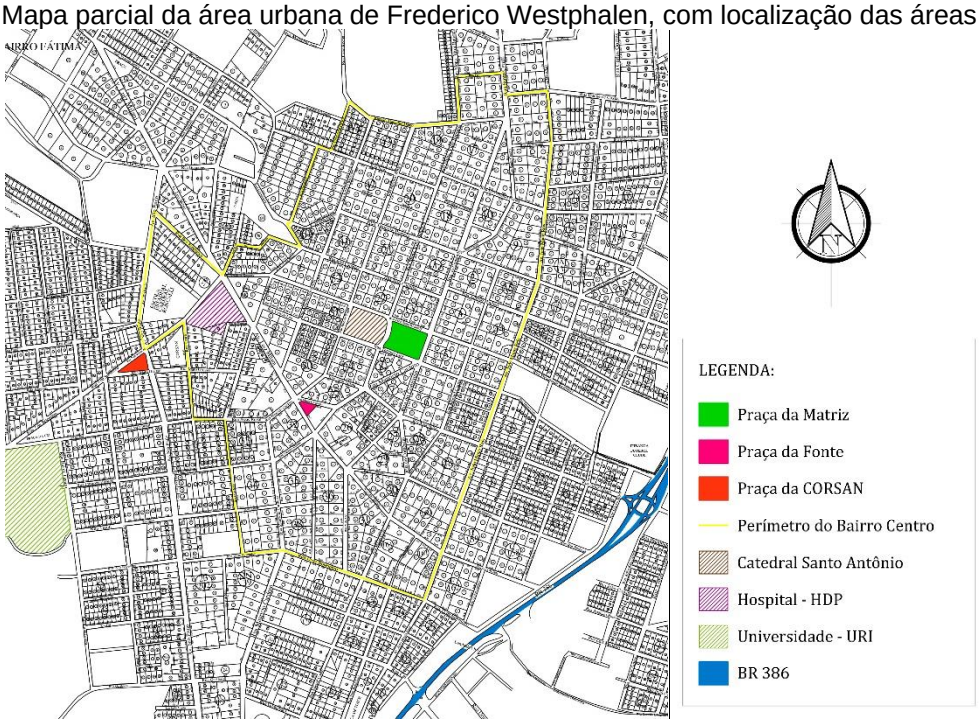
O estudo parte do levantamento em número das praças, para posterior ser realizada a analise morfológica e configuração dos usuários, do entorno e identificar as principais atividades desenvolvidas no local ao longo do dia e do ano. A fase seguinte é a realização das medições dos níveis de pressão sonora (NPS), com identificação das principais fontes de ruídos.
As medições seguem a metodologia estabelecida na NBR 10151: Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, de outubro de 2012. Deste modo os pontos foram espaçados de forma simétrica, de 30 em 30m, sendo que nas esquinas os pontos apresentam distancias equivalentes para que houvesse igualdade em todos os lados, com o medidor a 1,20m do piso e pelo menos 2m de distância de quaisquer superfícies refletoras, como muros, paredes, veículos e etc. As medições são realizadas em cada praça, com uma duração de 5min em cada ponto. Em cada espaço foram feitas verificações do NPS nos três turnos, manhã; tarde e noite, com a finalidade de aferir a variação do NPS ao longo do dia.

4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS PRAÇAS

Na visão de De Angelis et.al. (2005) citado por Viero (2009), as praças ao longo dos anos sofreram significativas mudanças, considerando os diversos aspectos que as envolvem, como definição, funções, usos e concepções. Entretanto, apesar das transformações impostas pelo tempo as praças

ainda representam um espaço público de grande importância no cotidiano urbano, sendo universalmente espaços de socialização, de permanência, de acontecimentos, de práticas sociais e manifestação da vida urbana e comunitária.
A função das praças e áreas verdes não se limita a serem apenas locais de socialização e lazer, eles também ajudam a melhorar a qualidade climática da cidade, visto que ajudam na regulação da temperatura, absorvem as águas pluviais, criam áreas de sombras, melhoram a qualidade do ar e servem como barreira para a propagação de ruídos. É nesse aspecto que parte o estudo, o como que as praças influenciam na paisagem sonora da cidade.
O objeto em foco do estudo são as praças da área central da cidade, Praça da Fonte e Praça XV de Novembro, e também a Praça da CORSAN, que se localiza no Bairro Itapagé, ela é englobada em razão ao seu histórico envolvendo ruído. Essas áreas estão representadas na figura 01, com a limitação do Bairro Centro e marcação de pontos referências da cidade.
Frederico Westphalen é uma cidade de pequeno à médio porte localizada no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, com área territorial de 264,976 Km2 e uma estimativa populacional de 30.251 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE de 2013. A cidade apresenta um numero considerável de praças no perímetro urbano, apesar de algumas delas não apresentarem muito uso. Historicamente, esses espaços, possuem usuários distintos entre si, e que também possuem usos alternados ao longo do ano, que acabam influenciando na paisagem sonora do espaço.

Figura 1. Mapa parcial da área urbana de Frederico Westphalen, com localização das áreas de estudo.



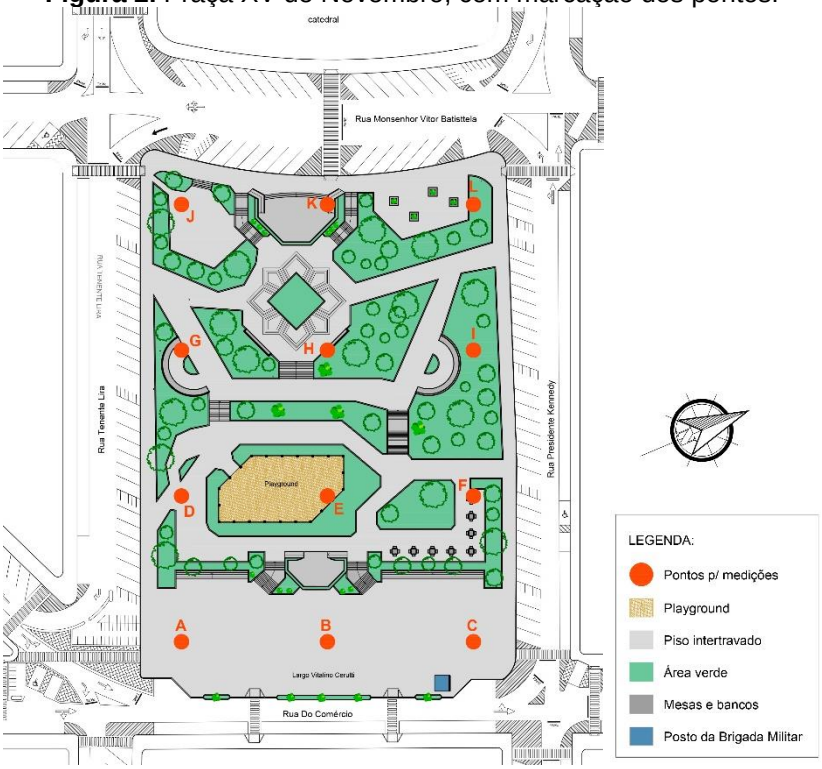
Fonte: Prefeitura Municipal, editado

4.1 PRAÇA XV DE NOVEMBRO

A morfologia do espaço, como pode ser vista na figura 2, é composta de áreas verdes entremeadas por caminhos e espaços em piso intertravado. A topografia do local é um aclive, partindo do Largo, que foi transformado em patamares, e cada um destes atribuído um uso. Na parte mais baixa está

o Largo Vitalino Cerutti, que é amplamente usado para pequenos shows e eventos é nesse espaço que é realizada, por exemplo, a feira do livro, festejos municipais, programação da páscoa, semana farroupilha, semana da pátria, dia da criança, Natal Luz e vários outros eventos municipais, também é muito usado nos finais de semana e feriados para tomar chimarrão e socializar, as vezes fazendo uso de violão. O segundo patamar é o espaço de lazer, onde esta o playground, a academia aberta, mesas de jogos, além de um palco que se projeta para o Largo, ele é usado em apresentações e eventos formais. O terceiro nível faz mais proveito das árvores e espaços verdes, por isso há muitos bancos e locais de descanso, é nesse setor também que estão localizados os banheiros, o ultimo patamar esta no mesmo nível da Rua Monsenhor Vitor Batistella, nesse possui bancos e sob o banheiro há um palco que é utilizado durante eventos religiosos.
Por estar situada no centro na cidade, o estorno é composto por edificações comerciais, ou comercial/residencial, a grande maioria das edificações possuem sala comercial no térreo e área residência na parte superior, poucas são apenas comerciais. Pela localização da praça e por ser uma zona comercial o trânsito é muito intenso ao longo do dia, principalmente ao meio dia e no final na tarde.

Figura 2. Praça XV de Novembro, com marcação dos pontos.



Fonte: Prefeitura Municipal, editado.

4.2 PRAÇA DA FONTE

Conforme informações de Santos (2016), a Praça da Fonte tem sua origem na sobra de área resultante da confluência do traçado das ruas. Em 1932, quando ainda não se havia iniciado o parcelamento fundiário dos quarteirões, foi erguido um murro a fim de delimitar a área que seria destinada para uma praça, em razão da existência de uma fonte de água no local. Mas somente no

ano de 1990 foi realizado um projeto para a praça, com a proposição de chafariz, acessos, taludes e platôs, desenho este que permanece ate hoje.
A Praça da Fonte, figura 3, é de pequeno porte e possui morfologia simples, além da fonte e do chafariz, possuí alguns bancos, algumas poucas árvores e uma escada para vencer o desnível. O entorno imediato é quase que exclusivamente composto por comercio, dentre os quais se destaca um supermercado, agropecuárias, uma transportadora e uma fabrica de borrachas, e um pouco mais afastados a CRESOL, e lojas de materiais de construção. Estes comércios citados acabam por gerar muita movimentação do transito no entorno da praça, inclusive de caminhões na agropecuária. As ruas do entorno também são rotas de ônibus que se dirigem as universidades e escolas estaduais, sendo que no limite da praça há paradas de ônibus.
Na área de estudo há somente as conversas dos usuários como fonte geradora de ruídos, sendo que o que eleva o NPS da praça são os barulhos vindos dos comércios e principalmente do transito, que inclui veículos pesados e carros com aparelhos de som.

Figura 3. Praça da Fonte, com marcação dos pontos.



Fonte: Graficação Giovana Pavan.

4.3 PRAÇA DA CORSAN

A Praça da CORSAN esta localizada no bairro Itapagé, na convergência da Rua Sete de Setembro e Rua Mato Grosso, além da AV. São Paulo. Tem forma triangular, pouco desnível, de mobiliário urbano possui apenas bancos e apresenta muita arborização, figura 4.
O entorno imediato é quase que exclusivamente residencial, exceto pela sede da CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento), da qual deriva o nome da praça, na AV. São Paulo. Essa característica, oriunda do zoneamento da cidade, faz com que a praça seja um lugar tranquilo em maior parte do dia, sendo frequentada por moradores para lazer e descanso, por estudante das escolas e universidade que se localizam no bairro, por pessoas em geral no final da tarde que levam suas crianças e animais de estimação para brincarem no local, ou somente procuram um locar para socializar após o expediente.

Entretanto essa tranquilidade é “quebrada” pelo transito intenso de veículos de pequeno porte e de ônibus que se direcionam para as escolas estaduais e para a URI (Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões), sendo o turno da noite o pior.
Contudo, o problema mais grave em relação à poluição sonora é o uso de carros com aparelhos de som pelos usuários da praça na parte da noite, principalmente nas quintas e sextas-feiras, e também nos finais de semanas.
O som alto oriundo de automóveis incomoda vizinhos da Praça da CORSAN há pelo menos cinco anos e apesar de varias medidas e do aumento da fiscalização no local, o problema persiste, se tornando um dos principais casos de perturbação sonora na cidade.
Em outubro deste ano, o Conselho Nacional de Trânsito (Contran) aprovou uma nova norma, a resolução 624/2016, que determina a autuação dos condutores que forem flagrados, em vias abertas à circulação, com som automotivo audível pelo lado de fora do veículo, com volume ou frequência que perturbem o sossego alheio, sem a necessidade de medição em decibéis.

Figura 4. Praça da CORSAN, com marcação dos pontos.



Fonte: Prefeitura Municipal, editado.

5. MEDIÇÕES

Após ter sido realizado o levantamento das praças e efetuado a análise morfológica, configuração dos usuários, do entorno e identificação das principais atividades desenvolvidas em cada uma das praças, foi realizada as medições do NPS e identificação das principais fontes de ruídos.
Em cada espaço foram feitas verificações do NPS nos três turnos, manhã; tarde e noite, no período de 22 de novembro a 06 de dezembro de 2016. Os valores médios dos NPS encontrados em cada ponto de cada área de estudo são apresentados a seguir, tabela 1.

Tabela 1. Valores de NPS médio em cada ponto nas praças, valores em dB(A).

PRAÇA	PONTOS											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Matriz	60,47	69,13	58,07	55,03	51,53	54,63	51,5	55,4	57,53	51,67	53,1	56,83
Fonte	63,03	59,27	54,6	59,53								
CORSAN	57,07	60,27	62,0	55,17	56,5	52,8	55,57	55,47				

As medições ocorreram de acordo com a metodologia estabelecida na NBR 10151, obedecendo a um espaçamento padronizado e de acordo com sua forma, como poder ser visto nos mapas acima, figuras 2, 3 e 4. As avaliações foram realizadas em cada praça, com uma duração de 5min em cada ponto, ou 10min, se durante o processo de medição em determinado ponto houver picos muito altos no NPS em virtude de uma fonte sonora destoante.

6. ANÁLISE DOS DADOS

A analise dos valores de pressão sonora obtidos parte da comparação dos valores médios de cada ponto das praças ao aos estabelecidos na NBR 10151:2012 (Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações), de acordo com os usos, conforme mostra a tabela 2. Os dados são analisados por praça, em razão peculiaridades de cada uma.

Tabela 2. Limites de níveis sonoros aceitáveis em função da finalidade adaptados de NBR 10151 (dB).

Tipos de áreas por finalidades de uso e ocupação do solo	Diurno	Noturno
Área estritamente residencial urbana ou hospitais ou escolas.	50	40
Área mista com predominância ou vocação comercial e/ou administrativa.	60	50

Os níveis médios de pressão sonora encontrados na Praça da CORSAN ultrapassam não somente o estabelecido pela NBR 10151, para áreas residenciais, no período diurno e noturno, mas também os determinados pelo o artigo 13, do decreto 257 de 2007, de 45 decibéis (dB) durante o dia e 40 dB no turno da noite. Este decreto está relacionado com a Lei Municipal n° 2.827, de 15 de abril de 2004, que instaura um perímetro de 200m próximo do hospital, ao qual a praça é englobada. Os valores elevados são decorrentes da presença de carros com aparelhos de sons e em virtude do transito intenso de ônibus que se direcionam para a universidade.

A Praça da Matriz, bem como a Praça da Fonte, de acordo com o zoneamento municipal, pertence a ZC1(Zona comercial 1), área mista com foco no comércio. A praça apresenta valores médios acima do permitido para o período noturno, mas dentro do permitido para o dia, salvo os níveis dos pontos ‘A’ e ‘B’, pois estes, durante as medições, estavam localizados sob uma cobertura móvel montada para abrigar a programação do natal, em virtude disso obtiveram-se valores mais altos em razão da ressonância do ruído em baixo da estrutura.

A média dos pontos ‘C’, ‘F’, ‘I’ e ‘L’, mesmo dentro do permitido para o período diurno, são elevados em virtude que o transito próximo segue no sentido do aclive, o que faz com que os ruídos do motor dos veículos sejam mais intensos. O ponto ‘D’ também possui valor significativo em decorrência das crianças que brincam no playground. Os valores no geral são resultantes do transito intenso no perímetro da praça e em toda a área central da cidade, pelo uso de carros com aparelhos de som, por ruídos eventuais, como as crianças, cortador de grama, etc, e principalmente pelos eventos que se realizam no Largo.

Na Praça da Fonte os níveis médios são todos muito elevados, principalmente o ponto ‘A’ que está acima do permitido nos dois períodos. Esses valores são apresentados por que a praça possui tamanho reduzido e poucas barreiras, seja ela a vegetação, topografia ou construções no local, que impeçam a propagação das ondas sonoras. A praça não possui fontes geradoras de ruídos, ele é

oriundo do entorno, sendo o principal agente causador do NPS o trânsito intenso, que inclui ônibus que se deslocam das escolas e universidades e caminhões, pois no entorno há uma agropecuária, e na mesma quadra, lojas de materiais de construção.

7. CONCLUSÃO

Assim, constata-se que as principais fontes causadoras do ruído encontrado nas praças são o trânsito do entorno, o uso de aparelhos amplificadores de som automotivos e os eventos realizados no local, no caso da Praça da Matriz. Para atenuar essa situação são necessárias ações da administração municipal, e da CRESOL, no caso da Praça da Fonte.

Para tanto se incentiva à implementação de algumas medidas mitigadoras, como o plantio de vegetação de pequeno e médio porte, visto que elas funcionam como uma barreira atenuante a propagação das ondas sonoras que vem do exterior, e sendo que nas áreas de estudos as espécies encontradas são quase que totalmente de grande porte.

Também é necessário gerenciar os usos do Largo Vitalino Cerutti, na Praça da Matriz, buscando a realocação de determinados eventos para espaços mais adequados, como é o caso do Acampamento Farrapo que pode ser realizado no Parque de Exposição da cidade, entre outros, além de controlar o uso de caixas amplificadoras de som no local. Cabe também à prefeitura criar novas rotas para o transito dos ônibus, evitando que circulem no centro da cidade, pois além do barulho, prejudica a mobilidade. Mas a medida mais importante e urgente é uma maior fiscalização do uso de aparelho de som em veículos e aplicação da nova resolução, 624/2016, do Contran.

Essas medidas são capazes de proporcionar, além de ganhos na qualidade da paisagem sonora e do ambiente, ganhos econômicos, visto que impede a desvalorização dos imóveis do entono em virtude do ruído, como no caso do entorno da Praça da CORSAN onde os moradores estão vendendo seus imóveis por valores mais baixos em virtude do incomodo causado pelo ruído gerado na praça. Também havendo um NPS mais baixo não há a necessidade de investimentos em sistemas paliativos. Com o plantio de mais espécies de vegetação nas praças e da implantação de novas praças, melhora também a qualidade ambiental, visto que beneficia a imagem da cidade, a qualidade do ar e do clima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTANHEIRA, José Cláudio S.; COELHO, Joyce Ajuz. Dos sinos ao ipod: sons, espaços e identidades nas novas estratégias das marcas. Comunicação, mídia e consumo São Paulo, ano 9, vol. 9, n.2 5 p. 219-239, ago 2012.

FERRETTI, Ulisses. Entornos sonoros: sonoridades e ordenamentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Artes. Porto Alegre, 2011.

LEI MUNICIPAL N° 2.827.
Disponível em: http://www.camarafw.rs.gov.br/portal/verleismunicipais.php?cod_lei=92.

SCHAFER, R. Murray. A afinação do mundo: uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora. São Paulo: Unesp, 2001.

SCHAFER, R. Murray. Voices of Tyrranny, Temples of Silence. Indiana River, Ontario, Kol 2BO: Arcana Editions, 1993.

TORRES, Marcos Alberto; KOZEL, Salete. Paisagens sonoras: possíveis caminhos aos estudos culturais em geografia. R. RA´E GA, Curitiba, n. 20, p. 123-132, 2010. Editora UFPR.

VIERO, Verônica Crestavi; FILHO, Luiz Carlos Barbosa. Praças públicas: origem, conceito e funções. Jornada de Pesquisa e Extensão, 2009. ULBRA Santa Maria.

116. REQUALIFICAÇÃO DOS RIOS COMO UM INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE URBANA

MORSCH, Maiara Roberta Santos[1](arq.maiaramorsch@gmail.com); MASCARÓ, Juan*[2] *(juan@upf.br)*
[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[2]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O artigo traz uma abordagem a respeito da sustentabilidade nas cidades relacionada com os rios urbanos. Este elemento que foi muito valorizado como recurso essencial para o assentamento humano, iniciou um processo de degradação em meados do século XIX, quando foram tratados como limitadores de crescimento e como problema. Na atualidade muito se discute a respeito do desenvolvimento sustentável, porém os rios urbanos continuam na mesma situação. A pesquisa buscou respostas para esta problemática visualizando-a como um indicador de sustentabilidade urbana ao se tornar um componente da tecnologia alternativa de infraestrutura verde, buscando a requalificação e a tentativa de devolver aos rios esquecidos a sua naturalidade e a sua importância para as cidades de forma que os elementos naturais se harmonizem com a artificialidade urbana. Fez-se um estudo de caso do rio da cidade de Passo Fundo-RS a fim de investigação e levantamento da sua atual situação. Os dados obtidos indicam o potencial para a aplicação da infraestrutura verde visando um novo paradigma urbanístico, aonde é possível retomar os rios de volta ao convívio social e com qualidade ecológica. Esta estratégia é um importante instrumento indicativo para o incremento da sustentabilidade no que diz respeito à qualidade social e ambiental do ambiente construído.
Palavras-chave: Rios urbanos, infraestrutura verde, sustentabilidade urbana, requalificação urbana.

REQUALIFICATION OF RIVERS AS AN URBAN SUSTAINABILITY INDICATOR

ABSTRACT
The article presents an approach to sustainability in cities related with the urban rivers. This element that was highly valued as an essential resource for human settlements, began a process of degradation in the mid-nineteenth century, when they were treated as growth restrictors and as a problem. At present much is discussed about sustainable development, but urban rivers remain in the same situation. The research seeks answers to this problem by visualizing it as an indicator of urban sustainability by becoming a component of the alternative technology of green infrastructure, looking for the requalification and trying to returning to forgotten rivers their naturalness and their importance for the cities so that the Natural elements harmonize with urban artificiality. A case study of the river of the city of Passo Fundo-RS was done in order to investigate and survey its current situation. The data obtained indicate the potential for the application of the green infrastructure, aiming at a new urban paradigm, where it is possible to return the rivers back to social life and ecological quality. This strategy is an important indicative tool for increasing sustainability with regard to the social and environmental quality of the built environment.
Keywords: urban river, urban infrastructure, urban sustainability, urban regeneration.

1. INTRODUÇÃO

As cidades surgem quando o homem começa a organizar e habitar o espaço e o sitio paisagístico com características como relevo e a presença de águas incentivaram o seu desenvolvimento (PORATH, 2003). Os rios se tornam espinhas dorsais dos territórios que nascem às suas margens, sendo eixos de desenvolvimento no desenho da cidade, que vêm degradando o ambiente ao seu contorno, poluindo o ar, os rios, usando lixões a céu aberto e praticando o desmatamento de florestas naturais. Nessa relação de causa e efeito fica claro que a introdução e o estimulo às ações sustentáveis nas cidades é fundamental para se ter uma qualidade de vida melhor.

Por causa das primeiras compreensões sobre os riscos ambientais e ameaças à vida no planeta, o termo sustentabilidade faz parte da vida contemporânea. Sustentabilidade é um termo usado para definir ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. Um dos maiores desafios da sociedade contemporânea e seus governantes é a sustentabilidade nas cidades.

Os rios urbanos possuem um alto potencial ambiental e paisagístico que trazem benefícios às cidades que vão além da valorização da ambiência urbana. Assim, a pesquisa realizada fez uma abordagem a respeito da relação dos rios urbanos com as cidades com o objetivo de promover a sustentabilidade urbana através da requalificação deste recurso desestruturado, inserindo-o como parte da infraestrutura verde e convertendo-o em um espaço socioambiental sustentável que permita reunir as pessoas. A cidade de Passo Fundo- RS, objeto de estudo de caso, é banhada por um rio que teve um importante papel na sua história e que hoje se encontra degradado, esta cidade se caracteriza pela escassa presença de espaços verdes, o descaso com os rios urbanos e pouco interesse para reverter os problemas ambientais urbanos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é abordar a temática dos rios urbanos contribuindo para o desenvolvimento da sustentabilidade urbana a partir da valorização dos elementos naturais e da sociedade tendo como estudo de caso a cidade de Passo Fundo-RS.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Revisão bibliográfica

A primeira etapa da pesquisa consistiu em uma revisão bibliográfica de assuntos referentes ao tema. Foram abordadas referencias para contextualizar o tema da sustentabilidade urbana e conceituar o tema da infraestrutura verde a fim de mostrar como ela pode qualificar ambientalmente e socialmente os rios urbanos.

3.2 Estudo de caso

Foi escolhida a cidade de Passo Fundo, no Rio Grande do Sul, como objeto de estudo a fim de verificar a situação atual do rio e a relação do meio natural com o meio urbanizado. Coletaram-se dados existentes como documentos municipais específicos do rio e de sua bacia hidrográfica que foram uteis ao diagnóstico da situação da área de estudo. As informações foram coletadas no Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo (CBHPF), nas secretarias de Planejamento Urbano e de Meio Ambiente na Prefeitura Municipal e em outras pesquisas já realizadas. Essas informações foram complementadas com a realização de trabalho de campo de observação e registro fotográfico das distintas situações encontradas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1.1 Sustentabilidade urbana x Rios urbanos

De acordo com Cenci, Schonardie (2015) atualmente o termo “sustentabilidade” vem sendo usado de forma indiscriminada, como um modismo que fomenta a onda verde, mas nem tudo que é “verde” é necessariamente sustentável. Este termo pode abranger uma série de enfoques, como social, econômico, ambiental, cultural, etc., sendo assim, o desenvolvimento sustentável, diferente do que se apresenta, não necessariamente resultará em um crescimento econômico isolado e sim irá questionar os valores da sociedade capitalista. Ele deve ir além e incluir as demais dimensões da sustentabilidade abrangendo a erradicação da pobreza, o controle populacional, a proteção ambiental, a proteção dos direitos fundamentais à vida, à saúde, à dignidade, ao desenvolvimento. Seghezzo (2009) traz dimensões da sustentabilidade como um conceito para suprir as atuais demandas da sustentabilidade com um entendimento mais abrangente, inclusivo e aplicável. Para a ele este conceito deve ser entendido em termos de “lugar, permanências e pessoas”. O termo ‘lugar’ remete à cultura, à identidade, pois as pessoas veem o território como o lugar aonde vivem, o território compartilhado remete à vida social. Reconhecer o lugar é reconhecer a necessidade de sustentabilidade. O termo ‘permanência’ remete ao tempo presente e futuro, inclui mudanças, planejamento a longo prazo, os efeitos futuros das atitudes de hoje, os nossos ideiais. O termo ‘pessoas’ é aplicado em termos corporais e espirituais exprimindo a existência humana, os seus valores e a sua qualidade de vida através da relação do cidadão com o ambiente.

No Brasil, uma pesquisa realizada em 2008 com o intuito de mensurar o desenvolvimento sustentável demonstrou a situação em que o país se encontra. O método de análise aplicado foi o Barômetro da Sustentabilidade que inclui o bem-estar humano e ecológico, tendo analisado diversos indicadores com resultados expostos em cinco escalas (insustentável, potencialmente insustentável, intermediário, potencialmente sustentável e sustentável). O resultado mostra que cenário brasileiro de bem-estar humano e social estão em situação intermediária, porém muito perto do indicador potencialmente insustentável e conclui que o Brasil deve investir prioritariamente em aspectos ambientais (KRONEMBERGER, et al., 2008).

A cidade de Passo Fundo, RS, se enquadra na situação descrita para o Brasil. Embora se fale sobre sustentabilidade urbana, são poucas ações concretas adotadas que beneficiem os aspectos ecológicos e ambientais da cidade e de seu rio. Para que isso ocorra é necessário incluir a sociedade nas decisões que envolvem o futuro da cidade, tendo em vista que o território é resultado da ação do homem e vincula-se diretamente com a produção geral da sociedade. As dimensões social, ambiental e geográfica devem estar conectadas, integrando as pessoas ao espaço físico a fim de estreitar a relação homem x natureza e melhorar a qualidade de vida no meio urbano (CENCI, SCHONARDIE, 2015). Uma melhoria na qualidade ambiental do lugar traz benefícios diretos para as pessoas que ali habitam e benefícios atemporais, atingindo o hoje e o amanhã. Reconhecer a necessidade da requalificação e manutenção dos elementos naturais presentes no meio urbano é valorizar o território, as pessoas e promover a sustentabilidade.

O descaso brasileiro com os rios urbanos se torna preocupante quando comparado com outras políticas de valorização e uso adequado. É possível encontrar casos aonde já se inicia uma busca por cidades mais ecológicas que respeitam a vida humana e a biodiversidade, mudando drasticamente a percepção sobre o automóvel e suas longas rodovias. Esta busca inclui intensamente os rios, afinal na maioria das vezes são os rios que atribuem a identidade às cidades.

Em Paris, no ano de 2013, 46 anos depois da inauguração da via às margens do rio Sena. As autoridades locais voltaram atrás e iniciaram a sua retirada em determinados trechos, devolvendo 05 hectares à população para uso exclusivo de pedestres, além da ação para despoluir o, mostrando que a natureza e a tecnologia devem caminhar juntas para alcançar o desenvolvimento sustentável. Como ilustrado na figura 1, parques, caminhos verdes, jardins flutuantes, quadras esportivas, ciclovias e equipamentos urbanos foram inseridos junto ao rio aumentando a relação da população com a água (FONTENELLE, 2013).

Figura 1- A e **B**: Revitalização do Rio Sena.



Fonte: Internet. Disponível em: <http://paixaoporparis.blogspot.com.br/2012_04_01_archive.html> e Archdaily. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/br/01-75797/paris-devolvera-a-orla-do-sena-aos-pedestres> respectivamente. Acesso em 15 out. 2014.

Em Portugal, a cidade de Agualva-Cacém mudou o curso de sua história entre os anos de 2001 à 2009. Com uma atuação estratégica sobre o espaço público, a cidade realizou intervenções integradas de reformulação das acessibilidades internas e interligação com centralidades envolventes, valorizando os elementos naturais estruturantes da cidade. A intervenção central foi a requalificação do sistema ambiental criado pela ribeira das Jardas em articulação com os parques verdes, transformando em canal verde - parque linear - e promovendo o equilíbrio ecológico da cidade. Além de paisagismo, drenagem, iluminação e plantações, se inseriu a regularização fluvial em todo o percurso do rio através da inserção de patamares de contenção da água e a aproximação das pessoas (COELHO, 2012).

Os desafios do século XXI trazem soluções que focalizam a dimensão humana, assim, as aeras de pedestres devem ter a função social que contribui para uma sociedade democrática a fim de desenvolver cidades vivas, seguras, sustentáveis e saudáveis. A preocupação com a vida na cidade deve garantir que os moradores se sintam convidados a caminhar e pedalar juntamente com a realização de suas atividades cotidianas (GEHL, 2010). Para alcançarmos este patamar deve-se haver uma integração sistêmica dos componentes urbanos com os ecossistemas nativos e com o homem contemporâneo, além de tomar como exemplo as ações realizadas em países desenvolvidos que nos demonstram que podemos e devemos voltar atrás derrubando as certezas do passado.

Reintegrar os rios urbanos na paisagem e fornecer uma relação humana com a água de forma includente são desafios para as cidades brasileiras. Esta revitalização fortalece a cultura local e ainda devolve parte da natureza pertencente ao território para o desfrute de todos. Revelar os rios em meio à cidade é buscar uma volta ao passado, é retomar uma cultura que está na memória coletiva. É dar oportunidade à população de participar da cidade, de unir os fragmentos deixados pelo século passado.

4.1.2 Infraestrutura verde

A urbanização tradicional é baseada na infraestrutura cinza monofuncional, focada no automóvel. Ruas visam à circulação de veículos, sistemas de esgotamento sanitário e drenagem objetivam afastar o esgoto e a água de chuva o mais rápido possível, telhados servem apenas para proteger edificações e estacionamentos asfaltados são destinados a parar carros, entre outras questões. A infraestrutura cinza interfere e bloqueia as dinâmicas naturais. Além de ocasionar consequências como inundações e deslizamentos, suprimem as áreas naturais alagadas ou alagáveis que prestam serviços ecológicos insubstituíveis em áreas urbanas (HERZOG, 2010).

Hoje vem ganhando espaço a discussão sobre outro tipo de infraestrutura, crítica para a continuidade e o crescimento saudável de uma comunidade: a infraestrutura verde, que consiste em redes multifuncionais de fragmentos vegetados, preferencialmente arborizados e interconectados que reestruturam o mosaico da paisagem. A infraestrutura verde é o paradigma ecológico do século quando se trata de renovação do urbanismo, ela é fundamental para o funcionamento ecológico do território. Inclui uma ampla variedade de elementos que nem sempre estão relacionadas à proteção dos sistemas naturais. Na maioria das vezes também incluem áreas que beneficiam as pessoas, como parques, trilhas, áreas de lazer, mirantes, fazendas, etc. (BENEDICT E MMAHON, 2006).

Segundo Ferreira e Machado (2010) a infraestrutura verde é fundamental no desenvolvimento sustentável das cidades em varias escalas. Devemos garantir as funções ecológicas no território urbano, vitais para a sua sustentabilidade, através de uma conectividade desta infraestrutura formando uma estrutura ecológica urbana. Nesse cenário, destaca-se a implantação de corredores verdes, os quais possibilitam múltiplos usos e funções simultâneas, em espaço reduzido. Podem ser planejados, projetados e manejados de modo a tirar partido de suas condições biofísicas para atividades do homem. Também podem oferecer uma oportunidade de estabelecer e manter uma relação cotidiana do homem com a natureza, o que possibilita educar ambientalmente um maior número de pessoas, figura 2.

Figura 2- A: Rua típica da cidade de Nova Jersey. **B**: Rua com corredor verde implantado.



Fonte: Internet. Disponível em: < http://www.homesecurityshield.org/ > e Disponível em: < http://www.epa.gov/ > respectivamente. Acesso em 16 out. 2014.

Criar uma rede de infraestrutura verde implica em buscar as oportunidades existentes. As zonas de influência das águas dos rios em períodos de cheia podem ser utilizadas como áreas de recreação, lazer e transporte em tempos de seca, diminuindo o risco de inundações e dos prejuízos decorrentes, tanto em perdas materiais como humanas (HELLMUND & SMITH, 2006), conhecimento que tem levado à criação de diversos parques urbanos em áreas inundáveis, mitigando efeitos negativos das chuvas e do aquecimento global. Os corredores verdes, como orlas de rios urbanos, podem transformar áreas degradadas em locais agradáveis e procuradas pela população, contribuindo para diminuir a pressão por novas e extensas áreas para urbanização.

4.2 O CASO DA CIDADE DE PASSO FUNDO

4.2.1 Levantamento de dados: o rio urbano

A cidade de Passo Fundo está geograficamente localizada no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, na região do Planalto Médio e se insere em uma área de 783,421 km² com uma população de 184.826 habitantes. Passo fundo é uma cidade média polo de desenvolvimento socioeconômico regional. Seu índice de urbanização chega a 97,45% da população concentrada na área urbana, ocasionado pelo crescimento desordenado ocorrido principalmente na década de 1970, o que gerou reflexos negativos ao meio ambiente, principalmente junto às áreas de preservação permanente de importantes mananciais hídricos (IBGE, CENSO 2010). Esta cidade possui características comuns em cidades brasileiras referentes à desvalorização do rio urbano.

A cidade é abastecida pela bacia hidrográfica do rio Passo Fundo e surgiu no início do século XIX como passagem e parada de tropeiros que faziam o Caminho de Tropas e Mulas em busca do caminho comercial para a província de São Paulo, antes chamado de “Boqueirão”, pois a região dispunha de boa aguada advinda de seu rio. Historicamente, o rio foi testemunho de todos os momentos históricos do município e constituiu também um local de lazer nas décadas de 40 e 50 (figura 3) as águas eram límpidas e cristalinas, as sombras agradáveis, a vegetação exuberante e aconchegante (MELO, 1998). Atualmente o Rio Passo Fundo o rio mais importante que corta a malha urbana do município e possui uma extensão total dentro da cidade, de 52,5 km, sendo 3,9km de extensão no perímetro urbano.

Figura 3–Rio Passo Fundo, próximo à ponte, em 1952.



Fonte: Miranda (2005), apud Corazza (2008).

Na imagem de satélite do trecho central do rio (figura 4) podemos observar claramente que o impacto da urbanização ocorre em toda a sua extensão. De acordo com Corazza (2008) 60% do rio encontra-se canalizado e juntamente com a canalização, houve o aterro do leito dos rios. Em muitos pontos a drenagem é ineficiente, ocasionando alagamentos durante as chuvas. Na maioria dos locais em que os córregos não foram canalizados, as áreas de preservação permanente ao longo dos leitos estão ocupadas irregularmente, principalmente por residências que lançam o esgoto sem tratamento nos corpos d’água e contribuem para o acúmulo de resíduos sólidos no rio.

Figura 4–Imagem de satélite do rio Passo Fundo.



Fonte: Google Earth adaptado do autor (2015).

O uso do solo ao longo do rio é predominantemente residencial, aparecendo por vezes mesclado com o uso misto. As moradias mais precárias encontram-se nas margens dos rios aonde o mesmo não foi canalizado. No trecho há pouca permeabilidade do solo, justamente aonde a área é mais urbanizada. Em relação à paisagem junto aos trechos não canalizados, há falta de preocupação da administração urbana, sendo sua situação de degradação, com aparência de abandono e depósito de resíduos. Assim, temos um rio que corre em fundos de lotes e que foi deixado de lado em um processo de urbanização rápido e sem planejamento. Há uma heterogeneidade de características nas margens do rio, como grandes vazios urbanos, acampamento indígena, habitações irregulares de classe baixa e média, equipamentos de serviços e edificações comerciais consolidadas. A característica mais forte do rio é a situação de abandono, a falta de consciência por parte da população faz com que o rio também seja tratado como despejo de lixo.
Ainda que ações estejam sendo realizadas pelo poder público, há uma carência de ações preventivas que tragam uma consciência ambiental e a proximidade da população com o meio natural, intervenções que venham a estreitar a sua relação, que tragam como consequência a valorização do rio e um tratamento digno para este recurso tão importante para a história da cidade e também para o abastecimento da bacia hídrica como um todo.
A cidade em questão carece de requalificação urbana e um estreitamento com os seus recursos naturais, Pellegrino et al. (2006) afirmam que um programa de recuperação ambiental e de paisagem junto à água urbana avança além do nível da estética paisagística, ela fomenta a sustentabilidade socioambiental através destes espaços abertos transformando os espaços públicos locais e com isso promovendo a exploração de um novo paradigma, que alia a drenagem das águas com a recuperação dos ecossistemas locais e a qualidade de vida urbana.

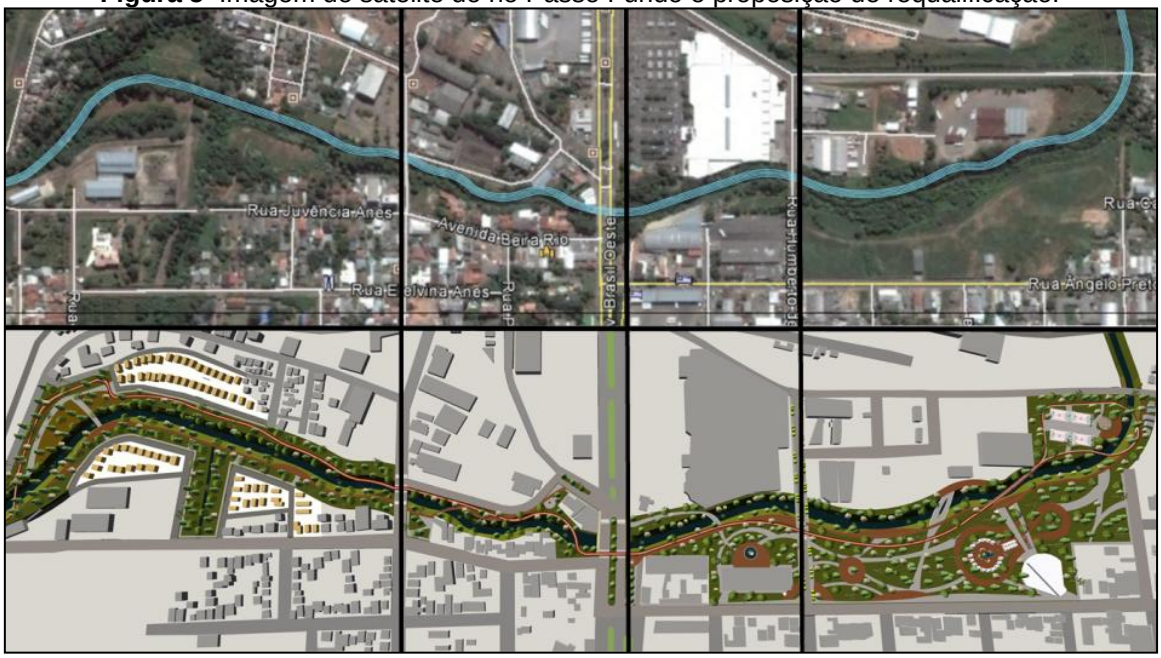
4.2.2 Reviver o rio para viver a cidade

Para reviver o rio é necessário propor alternativas para tratar a função ecológica, visando as dimensões da sustentabilidade e a sua relação com o homem, trazendo benefícios para a cidade que não modifiquem o seu caráter atual, além de oferecer aos cidadãos uma área pública de lazer qualificada em contato com o rio da cidade, recuperando costumes e hábitos culturais que se perderam com o passar do tempo graças ao crescimento descontrolado da cidade.
Segundo o manual europeu de requalificação dos ecossistemas aquáticos (BRACHET e THALMEINEROVA, 2015) a restauração refere-se a uma variedade de práticas destinadas a restaurar o funcionamento natural do rio e a permitir os seus usos sustentáveis e multifuncionais, portanto a restauração do rio faz parte da gestão sustentável da água. Segundo o documento, é de suma importância definir objetivos do projeto de intervenção para viabilizar o seu planejamento e também atender as necessidades de todas as partes interessadas.
Desta forma é necessário cumprir atribuições em diversas escalas, envolvendo: a ecologia e biologia, com o objetivo de potencializar os aspectos da paisagem da orla e reestabelecer a diversidade ecológica ao longo do rio; a gestão da água, com o objetivo de preservar a qualidade da água desde a nascente e promover o tratamento mantendo a sua qualidade no meio urbano; a

morfologia e permeabilidade do solo, com o objetivo de proteger a função do rio; a cidadania e cultura, como objetivo de preservar e valorizar o patrimônio cultural da cidade e criar um elo com o patrimônio ambiental celebrando o rio também como um patrimônio cultural; o resgate histórico, com o objetivo de resgatar o papel histórico do rio para a cidade a fim de promover a valorização do bem natural; a saúde física e mental da população, com o objetivo de auxiliar no combate ao sedentarismo e ao estresse a partir do contato entre homem x natureza; e a segurança, com o objetivo de facilitar a aproximação com o rio.

Como ilustrado na figura 5, para o caso do rio Passo Fundo uma alternativa para a sua requalificação seria a proposição de um parque linear urbano função ambiental, esportiva, de contemplação, cultural e educacional que abrangesse todos os aspectos mencionados. Além do parque é importante inserir estratégias de infraestrutura verde, como a manutenção da vegetação na orla e no próprio rio com plantas aquáticas, degraus de contenção da água (ilustradas no corte esquemático da figura 6) e ruas verdes conectoras, ilustradas nas imagens da mesma figura.

Figura 5–Imagem de satélite do rio Passo Fundo e proposição de requalificação.



Fonte: Google Earth adaptado do autor (2015) e o autor.

Figura 6–Ilustrações dos espaços sugeridos **A**: Corte esquemático. **B**: Rua verde permeável transversal ao rio. **C**: Jardim flutuante filtrante e ciclovia. **D**: Área cultural e histórica junto à avenida principal.



Fonte: O autor.

5. CONCLUSÃO

Reintegrar os rios urbanos na paisagem e fornecer uma relação humana com a água de forma includente são desafios para as cidades brasileiras. Esta revitalização fortalece a cultura local e ainda devolve parte da natureza pertencente ao território para o desfrute de todos. Requalificar os rios em meio à cidade é tentar uma volta à paisagem original com as devidas adequações, é retomar uma cultura que está na memória coletiva. É dar oportunidade que essa memória coletiva se transforme em realidade através de ações como as propostas para o rio Passo Fundo. Desta forma, os espaços naturais degradados podem reestruturar a sua biodiversidade, o seu apelo ecológico, humano e desenvolver as suas multifunções, podem resgatar a sua importância e incrementar a sustentabilidade da cidade.

Ainda que o Brasil seja conhecido internacionalmente por sua disponibilidade hídrica e grande biodiversidade, muitos desconhecem a importância dos recursos hídricos, como é o caso em estudo. Os resultados obtidos nos mostram que as cidades devem repensar certas ações urbanas do século XX, derrubando preconceitos culturais existentes na gestão publica e na própria população. Mostram que voltar atrás pode ser sinônimo de progresso e que, quando a cidade se harmoniza com a natureza ela devolve inúmeros benefícios à comunidade e ao ambiente. Como analisado nos estudos de caso, muitos países já se atentaram para esta preocupação, nos mostrando a possibilidade da revitalização deste recurso em meio às cidades já consolidadas. Todos os processos de requalificação analisados foram bem-sucedidos trazendo ganhos para a população, para a cidade e também para o meio ambiente.

Verifica-se que também é possível a qualificação de casos como o rio Passo Fundo a partir dos conceitos de sustentabilidade urbana e das atribuições estratégicas apresentadas no último item, uma vez que todos os rios urbanos podem ser interpretados como um conceito de infraestrutura verde. Fazendo uso da infraestrutura verde entendemos que a importância de projetos mais

humanos e de restauração da biodiversidade não está fundamentada apenas em suas qualidades estéticas e funcionais, mas também na sua capacidade de mostrar que as intervenções em locais esquecidos e considerados inertes, como é o caso dos rios urbanos, dos aterros ou canalizações de concreto podem tomar um novo rumo e retomar à sua essência natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T.; Green infrastructure – Linking landscapes and communities. Island Press, Washington, 2006.

BRACHET, C.; THALMEINEROVA, D. The handbook for management and restoration of aquatic ecosystems in river and lake basins. Europe, 2015. CBHPF. COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PASSO FUNDO. Disponível em: < http://www.upf.br/cbhpf/>. Acesso em 16 set. 2014.

CENCI, D. R.; SCHONARDIE, E. Direito à cidade: sustentabilidade e desenvolvimento no meio urbano. Revista de Direito da Cidade vol.07, nº 01. Rio de Janeiro, 2015

COELHO, R. Projectar o espaço público na reconstrução da cidade sem plano; o exemplo da requalificação da Área Central do Cacém. Revista Estudoprévio. Universidade Autónoma de Lisboa, 2012.

FERREIRA, J. C.; MACHADO, J. R.; Infra-estruturas verdes para um futuro urbano sustentável. O contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes. 2010.

FONTENELLE, R. B.; Paris devolverá a orla do Sena aos pedestres. ArchDaily Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/75797/paris-devolvera-a-orla-do-sena-aos-pedestres>. Acesso em: 5 nov. 2014.

GEHL, J. Cidades para as pessoas. 2ª. Ed. São Paulo – SP: Perspectiva S. A.; 2010.

HELLMUND, P.C. SMITH, D.S. Designing Greenways – Sustainable landscapes for nature and people. Island Press, Washington, 2006.

HERZOG, C. P.; Teoria e pratica em construções sustentáveis no Brasil – Projeto CCPS. Seção IV: Ambiente Construído. Infra-estrutura verde para cidades Mais sustentáveis. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 out. 2014.

KRONEMBERGER, D. M. P.; Junior J. C.; NASCIMENTO J. A. S.; COLLARES, J. E. R.; SILVA L. C. D. Desenvolvimento sustentável no brasil: uma análise a partir da aplicação do barômetro da sustentabilidade. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 20 (1): 25-50, 2008

MARTINELLO E.; PETRY C.; Arroio Ibirapuitã: A paisagem esquecida. Educação para o cuidado: Os múltiplos olhares da educação socioambiental. FOSCHIRA E. M. e TEDESCO C. D. (org.) Rio de Janeiro, Editora Multifoco, 2013.

PELLEGRINO, P.; GUEDES P. P.; PIRILLO F. C.; FERNANDES S. A.; A paisagem da borda: uma estratégia para a condução das águas, da biodiversidade e das pessoas. Rios e Paisagem Urbana em Cidades Brasileiras.; COSTA, L. M. S. A. (org.) Rio de Janeiro, Viana & Mosley Editora/Editora PROURB, pg. 57-76, 2006.

SEGHEZZO, L. The five dimensions of sustainability. Environmental Politics, London, 2009. Available in: <http://dx.doi.org/10.1080/09644010903063669>. Acessed on Set. 28 2016.

124. BIODIVERSIDADE E INTERPRETAÇÃO DA PAISAGEM UMA CONTRIBUIÇÃO À SUSTENTABILIDADE URBANA

MANNA DE DEUS, José Roberto[1] (betomanna@gmail.com); FREITAS, Roseli[2] (rose1968@gmail.com) ; CURTO, Fábio Penna Firme[3] (fcurto@metrocamp.edu.br)
1 Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio (Fundepag), Brasil
2 Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio (Fundepag), Brasil
3 DeVry Metrocamp Campinas, Brasil

RESUMO
O rápido crescimento da população e a crescente demanda dos recursos naturais acarretaram a transformação da paisagem natural. Entretanto, o sistema produtivo e econômico nas cidades depende das áreas naturais e da sua biodiversidade, provedora dos serviços ambientais como manutenção de recursos hídricos, clima, áreas de recreação, qualidade do ar, dentre outros. Muitas das decisões sobre o gerenciamento e uso da terra são tomadas com pouca atenção aos impactos ecológicos. (Dale et al. 2000). A pesquisa tem como objetivo oferecer uma contribuição à sustentabilidade urbana, por meio da interpretação da paisagem e sua biodiversidade, e mostrar a importância da manutenção da diversidade biológica e dos serviços ambientais no desenvolvimento das cidades. Santo Antônio do Pinhal, uma cidade na Serra da Mantiqueira, estado de São Paulo, terá a leitura da sua biodiversidade, utilizando-se como método de análise, seu valor econômico, psicológico e intrínseco caracterizado pelo usuário. Como base de interpretação da paisagem serão utilizadas as dez bacias hidrográficas que compõem seu território, levando em consideração, a forma de ocupação humana e seus impactos sobre outras espécies (Trombulak et al. 2004). A aplicação da ferramenta irá auxiliar na compreensão das práticas de manejo necessárias às áreas degradadas, por meio de técnicas de restauração ecológica e biocultural (Janzen 1988), essenciais à manutenção e ampliação dos serviços ambientais providos pelas paisagens naturais. Os resultados obtidos servirão de diretrizes de planejamento urbano sustentável e contribuirão para amenizar a crise dos recursos naturais, proporcionando ações de conservação da paisagem natural a partir da interpretação da paisagem e da leitura da biodiversidade. A instituição governamental local poderá implantar políticas públicas necessárias à proteção da biodiversidade, oferecendo qualidade de vida aos moradores e colaborando com a preservação.
Palavras-chave: Biodiversidade, Interpretação da paisagem, Serviços ambientais, Sustentabilidade urbana.

BIODIVERSITY AND INTERPRETATION OF THE LANDSCAPE A CONTRIBUTION TO URBAN SUSTAINABILITY

ABSTRACT
Rapid population growth and increasing demand for natural resources have led to the transformation of the natural landscape. However, the productive and economic system in cities depends on natural areas and their biodiversity, which provides environmental services such as maintenance of water resources, climate, recreation areas and air quality, among others. Many land management and use decisions are made with little attention to ecological impacts (Dale et al., 2000). This research aims to offer a contribution to urban sustainability, using as an instrument the interpretation of the landscape and assessment of its biodiversity, and show the importance of maintaining biological diversity and environmental services in the development of cities. Santo Antônio do Pinhal, a city in

the Serra da Mantiqueira, state of São Paulo, will assess its biodiversity, taking as its method of analysis its economic, psychological and intrinsic value characterized by the user.The ten hydrographic basins that make up its territory will be used as a basis for interpretation of the landscape, taking into account the form of human occupation and its impacts on other species (Trombulak et al. 2004). The application of the instrument will help to understand the management practices necessary for degraded areas, through ecological and biocultural restoration techniques (Janzen 1988), essential to the maintenance and expansion of environmental services provided by natural landscapes. The results obtained will serve as guidelines for sustainable urban planning and will contribute to ameliorating the crisis of natural resources, providing for actions of conservation of the natural landscape based on interpretation of the landscape and assessment of biodiversity. The local governmental institution may implement public policies necessary for the protection of biodiversity, offering quality of life to the residents and collaborating with the preservation
Keywords: Biodiversity, Landscape interpretation, Environmental services, Urban sustainability

1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento da população e a crescente demanda por recursos naturais acarretam a transformação da paisagem natural. Entretanto, o sistema produtivo e econômico nas cidades depende das áreas naturais e de sua biodiversidade, provedora dos serviços ambientais como manutenção de recursos hídricos, clima, áreas de recreação, qualidade do ar, entre outros.
O primeiro censo demográfico brasileiro realizado em 1872 revelou uma população de 10 milhões de habitantes, atingindo em 1900 o número de 17,4 milhões (IBGE, 2010). No século XX a população do Brasil quintuplicou, sendo que em 2016 alcançou o número de 206 milhões de pessoas.
No mesmo período, a população mundial somou 1,6 bilhão de pessoas em 1900 e quase quadruplicou durante o século XX, apresentando o número de 6 bilhões no ano 2000 e ultrapassando 7 bilhões em 2016.
Como resultado desta expansão populacional e consequente aumento do consumo e utilização de espaços para habitação, indústria e agricultura, mais de 46 % das paisagens originais do planeta, representado por diversos biomas como as florestas tropicais, as savanas e as florestas temperadas, foram em grande parte convertidas em espaços agrícolas e urbanos (MITTERMEIER, 1988).
A área total dedicada ao uso humano para habitação, agricultura, reflorestamento e mineração ampliou-se dramaticamente, concomitante ao aumento da produção de bens e serviços intensificando tanto o uso como o controle dos territórios (Richards, 1990 apud Dale *et al.*, 2000), afetando sobremaneira a estrutura e a dinâmica de funcionamento dos ecossistemas.
Ainda assim, um planejamento territorial que considere a importância de outras espécies além do ser humano prossegue controverso, no entanto, a proteção e conservação de áreas naturais é essencial para a sobrevivência humana, dado o provimento de serviços ambientais produzidos pelas mesmas.
Os serviços ambientais como inerentes ao sistema produtivo e econômico nas cidades e sua dependência das áreas naturais e da sua biodiversidade, foram discutidos pela Organização das Nações Unidas, ONU, em seu programa Avaliação Ecossistêmica do Milênio, que os classificou da seguinte maneira:

- Suporte: Aqueles que contribuem para a produção de outros serviços ecossistêmicos;
- Provisão: os produtos obtidos dos ecossistemas;
- Regulação: benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais; e
- Serviços Culturais: os benefícios intangíveis obtidos de natureza recreativa, educacional, religiosa ou estético-paisagística, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela1: Classificação dos serviços ambientais

Categorias Serviços	Exemplos de serviços
Suporte	Manutenção da biodiversidade
	Manutenção do ciclo de vida (ciclagem de nutrientes e da água/fotossíntese)
	Formação do solo
Provisão	Fibras/madeira
	Recursos genéticos
	Recursos medicinais
	Recursos ornamentais
	Água potável
	Alimentos
Regulação	Regulação da qualidade do ar
	Regulação do clima (incluindo sequestro de C)
	Regulação dos fluxos de água (enchente/seca)
	Purificação da água
	Fertilidade do solo
	Prevenção da erosão
	Controle biológico (doenças/pragas)
	Polinização
	Prevenção de desastres
	Controle de resíduos
Culturais	Recreação e turismo
	Valores espirituais e religiosos
	Valores educacionais/culturais
	Valores estéticos (paisagem)

**Fonte: MileniumEcosystemAssessement (2005).*

Em Costanza *et al.* (1997), foi estimado que o valor médio anual de 17 serviços ambientais em 16 biomas do mundo era de 33 trilhões de dólares quando a soma do produto nacional bruto de todas as nações à época atingiu o valor de 18 trilhões de dólares.

No mesmo ano, o PIB brasileiro era de aproximadamente 872 bilhões de dólares, podendo então os serviços ambientais serem proporcionalmente representados em relação aos valores mundiais em mais de 1,6 trilhão de dólares.
Outra consideração importante está relacionada aos valores da biodiversidade para as comunidades humanas, que foram definidos por Trombulak *et al.* (2004), na organização de diretrizes para o ensino de conservação da biodiversidade da Sociedade de Biologia da Conservação dos Estados Unidos, com o objetivo de facilitar o entendimento da importância da integridade e salubridade ecológica. Os valores foram assim definidos:

- Econômicos ou instrumentais: os quais se referem à utilidade de recursos da natureza para a sobrevivência do ser humano;
- Psicológicos: aqueles que contribuem para o bem-estar das comunidades; e
- Intrínsecos: os valores da natureza em si, que independem da utilidade para os seres humanos.

Estes valores formam uma base conceitual aplicável ao planejamento territorial e às análises de impacto das ocupações humanas e de sua utilização em programas de educação. Os programas por sua vez centram-se na interpretação da natureza definida por Tilden (1957) como um processo de comunicação, concebido para revelar significados e relações do patrimônio cultural e natural, por meio de envolvimento com objetos, artefatos, paisagens e locais, proporcionando aos visitantes uma experiência diferenciada e enriquecedora nas áreas naturais.
Estes valores endossam a missão última dos programas de interpretação da natureza e do patrimônio cultural delineada pelo Diretor do Serviço de Parques Nacionais dos Estados Unidos, “Proteção por meio da apreciação, apreciação por meio do entendimento, entendimento por meio da interpretação”, (TILDEN, 1957).

1.1 A SERRA DA MANTIQUEIRA

A Serra da Mantiqueira é uma cordilheira de 500 km de extensão, localizada entre os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, contando com 38 municípios.
Formações de vegetação nativa como floresta ombrófila densa e campos montanos e a fauna da maioria dos grupos de Mata Atlântica, conferem à região o *status* de ser a 8ª mais rica do planeta em diversidade de espécies, dentre mais de 170.000 áreas naturais protegidas no mundo, Le Saout *et al.* (2013), considerada, concomitante, a maior província de água mineral em quantidade e qualidade (LINO *et al.,* 2007).

Santo Antônio do Pinhal é um município paulista da Serra da Mantiqueira inserido em duas Unidades de Conservação:

- Área de Proteção Ambiental APA Federal da Serra da Mantiqueira; e
- Área de Proteção Ambiental APA Estadual Sapucaí-Mirim.

O município foi fundado em 1960 (IBGE, 2010) e apresenta as seguintes características:

- 14.100 hectares de território;
- 13.897 hectares de área rural;
- 203 hectares de área urbana;
- 3.477 hectares de remanescentes de vegetação natural;
- 10 Bacias Hidrográficas;
- 6.500 habitantes – 50% na zona rural.

Ao longo desta década, os recursos hídricos do município permaneceram em déficit, devido à supressão de vegetação natural, Lima (2000) e da consequente ausência de diretrizes para o uso da terra que respeite as características ecológicas dos remanescentes de vegetação natural e sua biodiversidade.
A Sociedade de Ecologia dos Estados Unidos, publicou um trabalho de referência aplicável em quaisquer biomas do mundo; Dale et al. (2000) recomendam aos gestores dos territórios em suas decisões de ocupação, a incorporação de oito princípios ecológicos:

1. Examinar os impactos das decisões locais em um contexto regional;
2. Planejar com vistas às mudanças a longo prazo e eventos inesperados;
3. Preservar os elementos raros da paisagem e as espécies associadas;
4. Evitar o uso da terra que deteriore os recursos naturais;
5. Reter áreas extensas, contíguas ou conectadas, que contenham habitat críticos;
6. Minimizar a introdução e a propagação de espécies exóticas;
7. Evitar ou compensar os efeitos do desenvolvimento nos processos ecológicos; e
8. Implementar o uso da terra e práticas de manejo compatíveis com o potencial natural da área.

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo estabelecer as bases do desenvolvimento de programas de educação relativos à importância da conservação e manejo da paisagem, necessários ao entendimento da sustentabilidade pelas comunidades humanas e para o planejamento das cidades, por meio de técnicas de interpretação da natureza, aplicáveis ao turismo e a conservação da biodiversidade, através de cursos de formação, desenvolvidos em experiências anteriores.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Dados sobre a diversidade biológica contida em três bacias hidrográficas de Santo Antônio do Pinhal, denominadas “Prata”, “Lageado” e “Pico Agudo”, foram coletados e serviram de referência para a organização de materiais e conteúdos para os cursos de formação de guias para o turismo ecológico e científico, consistindo na capacitação técnica dos participantes para o conhecimento da paisagem brasileira, da Serra da Mantiqueira e sua história ambiental, a flora das formações florestais e campestres, a fauna de todos os grupos a elas associados, as técnicas de interpretação da natureza, oratória, procedimentos de segurança e gestão de áreas naturais protegidas, ministrados, a 40 moradores de Santo Antônio do Pinhal, Sapucaí-Mirim e Paraisópolis.
Os cursos foram oferecidos no primeiro semestre de 2016 e permitiram aos participantes desenvolver protocolos de interpretação da natureza, facilitando a compreensão dos valores da biodiversidade e das práticas de manejo necessárias à conservação de áreas degradadas por meio de técnicas de restauração ecológica e biocultural.
Os protocolos criados incluíram informações sobre espécies vegetais nos diferentes estratos de áreas de florestas, espécies de mamíferos, aves, anfíbios e insetos em seus nichos, juntamente com dados históricos de ocupação dos espaços rurais e urbanos. Os protocolos constituem-se em roteiros básicos para entendimento e apreciação da paisagem ao longo de trilhas de acesso e circulação aos remanescentes de vegetação natural do município e a importância da restauração ecológica e biocultural.
O método de apresentação oral definido nos protocolos criados durante o curso foi planejado e implantado segundo os princípios de interpretação formulados por Tilden (1957), conforme abaixo:

1. As apresentações sempre se relacionam ao que está exposto e à experiência do visitante;
2. Todas as informações servem de base para revelação de fatos não evidentes, porém de impacto no interesse do visitante.
3. O objetivo principal das informações não será a instrução, mas a provocação.
4. As informações da biodiversidade sempre se remetem ao conjunto da paisagem e ao histórico de ocupação regional e aos valores dados pelas populações humanas à natureza.
5. Os protocolos endereçados à crianças de até 12 anos seguem uma abordagem fundamentalmente diferente, constituindo-se em um programa a parte.

Para a avaliação dos conteúdos oferecidos nos cursos e sua aplicabilidade, foi utilizada a metodologia NPS (*Net Promoter Score*) - uma métrica criada por Fred Reichheld da Universidade Harvard para medir a satisfação de alunos.

A metodologia se baseia em uma pergunta quantitativa, rápida e simples:
“Em uma escala de 0 a 10, quanto você indicaria o curso de formação de guias para turismo ecológico e científico? ”
Após a aplicação da métrica as respostas foram classificadas de três maneiras:

- Detratores (0 a 6): alunos que não viram valor no curso e não voltariam a fazê-lo novamente;
- Neutros (7 a 8): alunos que tiveram uma experiência mediana com o curso;
- Promotores (9 a 10): alunos que tiveram uma ótima experiência, satisfação plena, ofereceram ótimos *feedbacks* e indicariam o curso para outras pessoas.

A fórmula utilizada para o cálculo do *Net Promoter Score*:

(% de alunos promotores - % de alunos detratores) = NPS

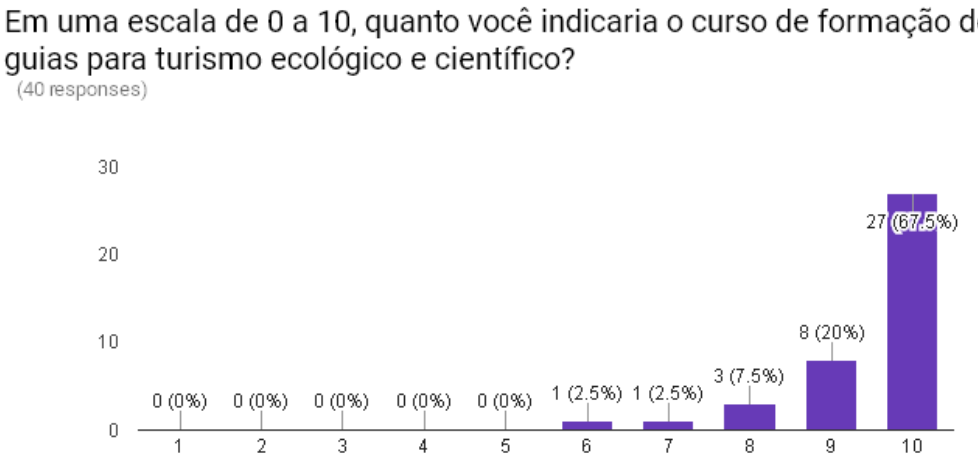
Resultados obtidos do NPS indicam:

- -100 a 0: Pontos críticos para corrigir.
- 0 a 50: Necessidade de aperfeiçoamento.
- 55 a 75: Atendimento satisfatório.
- 75 a 100: Atendeu plenamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos dados coletados e a organização dos cursos possibilitaram o planejamento de um programa coletivo para o conhecimento das características físicas, biológicas e sociais do município facilitando o entendimento da ocupação sustentável.
Os Cursos foram avaliados por 100% dos participantes, tendo como referência os ensinamentos e experiências vivenciadas, conforme apresentado no gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1 – Respostas dos participantes



Os resultados apontam, em números absolutos os seguintes valores:

- Número de respondentes detratores = 1
- Número de respondentes neutros = 4
- Número de respondentes promotores = 35

Após o fechamento da pesquisa foi realizado um processo para investigar a experiência dos alunos e realizar as ações necessárias para melhorias e satisfação.

O cálculo do NPS apresentou o seguinte resultado:
% de alunos promotores = 87,5%
% de alunos detratores = 2,5%
NPS = (% de alunos promotores - % de alunos detratores) = 87,5% – 2,5%
NPS = 85%

Este valor obtido aponta para um resultado de pleno atendimento quanto aos objetivos do curso.

5. CONCLUSÃO

Por se tratar de profissão inexistente no Brasil, a formação de guias com base na interpretação constitui-se em um procedimento essencial para o entendimento da importância da conservação da biodiversidade e sua conexão com a manutenção dos serviços ambientais essenciais à sustentabilidade.
O programa integrou o ordenamento territorial de Santo Antônio do Pinhal, tendo como base as características ecológicas da biodiversidade ocorrente em 268 fragmentos de vegetação natural e seus valores econômicos, psicológicos e intrínsecos - distribuídos em 10 bacias hidrográficas.
A métrica NPS (Net Promoter Score) utilizada na pesquisa permitiu que os alunos apontassem, de maneira intuitiva e fácil, sua apreciação da experiência e recomendação a outros. Como ferramenta para apoio à decisão funcionou para a obtenção de uma medida prática da ausência de necessidade de se melhorar os ensinamentos oferecidos sobre o tema. Apesar de sua utilidade para determinar a fidelidade dos alunos, a métrica apresentou a desvantagem de não identificar os

motivos específicos que os levaram a ser Detratores ou Promotores. Os alunos Promotores, na sua grande maioria, irão incentivar a realização de novos cursos.
Os resultados obtidos servirão de diretrizes de planejamento urbano sustentável e contribuirão para amenizar a crise dos recursos naturais, proporcionando ações de conservação da paisagem natural a partir da interpretação da paisagem e da leitura da biodiversidade. A instituição governamental local poderá implantar políticas públicas necessárias à proteção da biodiversidade, oferecendo qualidade de vida aos moradores e colaborando com a preservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTANZA, R et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **NATURE**, vol. 387, 1997, p. 253-260

DALE , V.H. et al. Ecological Principles and Guidelines for Managing the Use of the Land. Ecological Applications,Ecological Society of America, 2000. 639–670 p.

IBGE , Anuário Estatístico do Brasil e das Estatísticas Históricas do Brasil, 2016.

LE SAOUT, Soizic; HOFFMAN, Michael; YICHUAN, Shi; HUGHES, Adrian; BERNARD, Cyril; BROOKS, Thomas M.; BERTZKY, Bastian; BUTCHART, Stuart H. M.; STUART, Simon N.; BADMAN, Tim; RODRIGUES, Ana S. l. Protected Areas and Effective Biodiversity Conservation. SCIENCE, vol. 342, 2013, 805-805 p.

LINO, C.F. & Albuquerque, J, L. (org.). 2007. Mosaicos de unidades de conservação no corredor da Serra do Mar. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, São Paulo.**Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Série 1. Conservação e Áreas Protegidas: 32**. 97p.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA), 2005a.Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

MITTERMEIER, R. A., MYERS, N. , THOMSEN, J. B. , DA FONSECA, G. A. B. & OLIVIERI, S. Biodiversity hotspots and major tropical wildernes areas: approaches to setting conservation priorities. Cons. Biol. 1998, 12, 516– 520

O'CONNOR, Martin. Natural capital. Policy Research Brief Series, n. 3, Cambridge Research for theEnvironment, 1999, 22 p.

RICHARDS, J.F. 1990. Land transformations. Páginas 163 – 178 in B.L. Turner II. W.C. Clark,R.W.Kates, J.F. Richards, J.T. Mathews, e W.B. Meyer, editores. The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. Cambridge University Press, Nova York, Nova Yourk. E.U.A.

TILDEN, F. Interpreting our heritage. The University of North Carolina Press, 1957. 3ª Ed

TROMBULAK, S.C. et al. Principles of Conservation Biology: Recommended Guidelines for Conservation literacy from the Education, 2004, Committee of the Society for Conservation Biology. In ConservationBiology 18(5): 1180-1190.

159. O PAISAGISMO PRODUTIVO NA SUPERQUADRA DE BRASÍLIA: PAISAGEM MONOFUNCIONAL EM TRANSIÇÃO A MÚLTIPLAS FUNÇÕES

*NERBAS, Patrícia de Freitas * (patriciafnerbas@terra.com.brl); JARDIM, Ketelyn Schiochet (ketelyn.sj@gmail.com)*
UNISINOS, Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
A paisagem urbana tem implicações no desempenho ambiental das cidades, sendo a agricultura urbana um tema emergente como alternativa a integração de múltiplas funções nas zonas urbanas. A agricultura urbana tem relevância histórica, pois pode ser excelente fonte de nutrientes com baixo investimento econômico. Ainda, as recentes preocupações sobre a segurança alimentar, as distâncias percorridas na distribuição dos alimentos e as questões sobre educação ambiental, ampliam o debate sobre o paisagismo produtivo urbano. Neste contexto o presente estudo procura explorar o potencial da insolação na superquadra 308 de Brasília, tendo em vista de que o acesso ao sol é um dos requisitos para a produção de alimentos. Na primeira etapa foi feita a pesquisa bibliográfica sobre as oportunidades e os desafios da agricultura urbana. Na segunda etapa foram realiazados levantamentos de dados, para gerar a modelagem tridimensional dos edifícios, do local de estudo. A partir da espacialização dos dados foi possível analisar: (a) a incidência solar no solo; (b) a área de solo permeável e (c) a densidade habitacional. Dessa maneira foi identificado as áreas com insolação desejável para a produção de alimentos e a quantidade de áreas permeáveis, passíveis de receber as hortas urbanas, sendo necessário outros estudos para aprofundar as demais necessidades da agricultura urbana. As estratégias para a implementação da a agricultura urbana são um dos caminhos em direção a transformação das cidades em ambientes regenerativos, multifuncionais, integrando necessidades sociais e econômicas com melhor desempenho ambiental.
Palavras-chave: Paisagismo produtivo, Tipomorfologia urbana, Insolação superquadra Brasília

THE PRODUCTIVE LANDSCAPE IN BRASILIA´S SUPER BLOCK: A MONOFUNCTIONAL LANDSCAPE IN TRANSITION TO MULTIPLE FUNCTIONS

ABSTRACT
The urban landscape has implications for the environmental performance of cities, and urban agriculture is an emerging theme as an alternative to the integration of multiple functions in urban areas. Urban agriculture has historical relevance because it can be an excellent source of nutrients with low economic investment. Still, recent concerns about food security, the distances involved in food distribution, and issues of environmental education, broaden the debate on urban productive landscaping. In this context, the present study seeks to explore the potential of sunshine in Brasilia's superquadra 308, given that access to the sun is one of the requirements for food production. In the first stage the bibliographical research on the opportunities and challenges of urban agriculture was made. In the second stage, data surveys were realigned to generate three-dimensional modeling of the buildings from the study site. From the data spatialization it was possible to analyze: (a) the solar incidence in the soil; (B) the permeable soil area and (c) the housing density. In this way, it was identified the areas with desirable insolation for the production of food and the quantity of permeable

areas that can receive the urban gardens, and other studies are necessary to deepen the other needs of urban agriculture. Strategies for the implementation of urban agriculture are one of the ways towards transforming cities into regenerative, multifunctional environments, integrating social and economic needs with better environmental performance.

Keywords: Urban agriculture; Urban typomorphology; insolation Brasília super block.

1. INTRODUÇÃO

A previsão é de que até 2030, aproximadamente, mais de 60% da população mundial irá habitar as cidades. (BRENDA, STACY E SHALENE, 2015). No Brasil, cerca de 80% da população já vivem nas áreas urbanas (IBGE, 2010). Sabe-se que a qualidade ambiental, da maior parte das áreas urbanizadas, está comprometida por diversos fatores. Assim, a definição de parâmetros de referência que orientem as estratégias para a sustentabilidade das cidades é uma demanda mundial, (SATTLER, 2007) pois a urbanização é um dos principais motores para as mudanças na paisagem biofísica e no ambiente sócio econômico. (BRENDA, STACY E SHALENE, 2015).

A demanda por soluções que mitiguem os impactos do ambiente humano vem gerando uma série de novas abordagens sobre o problema da forma das cidades. Identificar estratégias que promovam a inserção de requisitos de sustentabilidade nas cidades é um dos caminhos para criar soluções de transição em direção a resiliência urbana, sob a perspectiva ambiental e social.

A inserção de vegetação é uma estratégia fundamental neste processo de transformação, necessário a qualidade ambiental dos sistemas urbanos, já que as áreas com vegetação apresentam múltiplas funções, tanto para a manutenção da qualidade dos ecossistemas naturais, assim como é essencial para a qualidade de vida humana.

Com o aumento da densidade populacional das cidades a tendência é diminuir, ainda mais, as áreas de preservação da flora e seus espaços nas cidades. No Brasil a redução das áreas destinadas a vegetação urbana é percebida em todos os grandes centros urbanos (IBGE, 2010), se estendendo inclusive para cidades menores. Além da grande quantidade de pessoas que já habitam as cidades, a dispersão das zonas urbanas se espraia até os limites de áreas naturais. Estes fatores aumentam a demanda por inserção de vegetação nas zonas urbanas, as quais são importantes refúgios da biodiversidade, servindo de conexões entre as áreas de preservação.

Neste contexto a agricultura urbana representa zonas com vegetação, as quais agregam múltiplas funções (BRENDA, STACY E SHALENE, 2015). A agricultura urbana, ou paisagismo produtivo, tem sido definida como o cultivo, o processamento e a distribuição de bens agrícolas e pecuários dentro do perímetro urbano (LOVELL, 2010), usualmente integrados ao sistema econômico e ecológico local. (BRENDA, STACY E SHALENE, 2015).

Esta definição aponta para o fato de que a agricultura urbana não é exclusiva para a produção de alimentos, mas pode suprir uma ampla gama de necessidades da comunidade, incluindo plantas medicinais, ornamentais, e outros subprodutos de bens agrícolas e pecuários (LOVELL, 2010). Estes sistemas podem agregar de forma intensiva os recursos humanos, assim como possibilitam o reuso e a reciclagem de materiais e produtos (MOUGEOT, 2000). Esta vasta gama de possibilidades resulta em sistemas de agricultura urbana bastante heterogêneos em tamanho, forma e função (BRENDA, STACY E SHALENE, 2015) podendo ocorrer em diferentes escalas da cidade. (LOVELL, 2010)

Entretanto, para ser considerada sustentável e primar pela saúde das pessoas e do ambiente, existem condições especiais no manejo. A agroecologia rege os princípios para este processo, a prática inclui uso de substratos orgânicos, sistemas de rotação, associações de cultivos, manejo fitossanitário sem elementos tóxicos e práticas que incentivam a reciclagem dos resíduos. Nestes sistemas toda a área disponível é intensamente utilizada (AQUINO E ASSIS, 2007).

Diante deste universo de possibilidades, surgem novos estudos sobre a forma urbana, e algumas pesquisas apontam para as relações entre a morfologia das cidades e a vegetação urbana. Dessa forma o presente trabalho pretende explorar a pertinência da forma urbana em relação aos requisitos de insolação e quantidade de áreas permeáveis necessários para a produção urbana de alimentos. O estudo exploratório será realizado nos tipomorfológicos da superquadra 308 de Brasília, pela crítica incidente sobre a monofuncionalidade dos espaços abertos, e por seu projeto incluir estratégias considerando a insolação local e a inserção de grandes áreas com vegetação.
A partir disso, a intenção é contribuir com a discussão sobre a inserção da agricultura urbana na superquadra de Brasília, tendo em vista de que a produção de alimentos no local é oportuna, por promover inúmeros benefícios. Além de identificar a pertinência da forma sob a perspectiva da insolação e das áreas permeáveis, outras abordagens teóricas são necessárias para efetivar as possibilidades de inserção de estratégias para a produção urbana de alimentos no local,
A intenção não é advogar a favor, nem contra a cidade moderna, apenas analisar o potencial de insolação e das áreas permeáveis disponíveis na superquadra, já que a carência destes requisitos nos centros urbanos, é um dos problemas usuais à inserção de áreas de paisagismo produtivo nas cidades. Observa-se que os espaços abertos da superquadra apresentam adequada flexibilidade nos espaços abertos, permitindo a inserção de vegetação e de várias outras funções que podem ativar a convivência das pessoas. A finalidade é fomentar o diálogo sobre a inserção do paisagismo produtivo nos centros urbanos, para contribuir com a transformação das cidades, em direção a lugares mais sustentáveis e resilientes.

1.1 Desafios e oportunidades da agricultura urbana: multifuncionalidade da paisagem urbana

Historicamente, a agricultura urbana é usual nas cidades de vários países, pois possibilita a integração de múltiplas funções em áreas densamente povoadas. (BENISTON e LAL, 2012) Na Idade Média as hortas domésticas se tornaram populares, na América Latina, Machu Picchu é um exemplo de cidade do século 16, construída para apoiar a produção de alimentos. Hoje muitas cidades têm programas de agricultura urbana, nos Países Baixos existem 250.000 jardins comunitários, com 4.000ha de terras destinadas as hortas urbanas. Amsterdam tem 350ha de terras ocupadas por jardins comestíveis. Nos EUA, em Nova York, existem mais de 600 hortas comunitárias, produzindo para cerca de 20.000 habitantes urbanos. (LOVELL, 2010)
Os sistemas de produção de alimentos urbanos, surgem de diversas formas, ora como jardins privados, ora como ações comunitárias. Existem jardins comestíveis nas coberturas das edificações, hortas verticais, pomares urbanos, paisagismo produtivo em edifícios institucionais, como escolas e hospitais. (BRENDA, STACY E SHALENE, 2015).
Atualmente, a difusão dos diversos benefícios da agricultura urbana desperta o interesse dos planejadores urbanos para o potencial destes sistemas. Para Sattler, (2004) a agricultura urbana é fundamental na construção de cidades resilientes, pois além de contribuir para a segurança alimentar, mitiga o impacto ambiental da produção de alimentos, é uma boa forma de inserção de vegetação no meio urbano e, consequentemente, de resgatar a fauna urbana. Estas ações podem ocorrer em diversas escalas da cidade, beneficiam o microclima urbano e aproximam as pessoas da natureza.
Além dos jardins produtivos contribuírem para a conservação da biodiversidade, particularmente quando diversas espécies nativas são integradas, estes lugares têm serviços adicionais para as cidades (LOVELL, 2010). O aumento da diversidade de plantas nativas e a redução de superfícies impermeáveis são características que podem fornecer serviços importantes para os ecossistemas, como a polinização, o controle de pragas e a resiliência climática. (BENISTON e LAL, 2012)

A vegetação proporciona sombra, regula a umidade do ar e pode redirecionar os ventos, fatores importantes na conformação do microclima local. (LOVELL, 2010) O aumento da proporção de espaços verdes pode contribuir com a redução das temperaturas das superfícies construídas e do ar, dependendo do porte e do índice foliar das espécies inseridas.
A inserção de vegetação nas áreas urbanas, também pode beneficiar o armazenamento de carbono, o escoamento de águas pluviais e a qualidade da água, por filtrá-la (McLain et al., 2012). Jardins, também oferecem serviços de atenuação de tempestades. A vegetação, especialmente as árvores, podem interceptar a precipitação intensa e reter a água temporariamente, dentro de sua copa, reduzindo o fluxo de pico, aliviando a carga na infraestrutura pública (Xiao & McPherson, 2002).
A segurança alimentar é um dos principais benefícios, tendo em vista de que muitas cidades estão longe das zonas de produção e a oferta de produtos é limitada, devido a restrições econômicas e problemas no transporte. A proximidade dos consumidores ao sistema de produção de alimentos pode garantir maior qualidade na distribuição destes. Tanto que, grande parte do interesse na agricultura urbana nos EUA, hoje, se concentra em oportunidades para melhorar a segurança alimentar e o acesso a alimentos saudáveis (LOVELL, 2010).
Outros fatores importantes são os benefícios sociais, culturais e econômicos, já que vazios urbanos ou espaços subutilizados podem agregar funções ligadas a produção de alimentos, gerando oportunidades de emprego e educação informal. Beniston e Lal (2012) identificaram que o cultivo nas zonas urbanas pode ser muito produtivo, com produção estimada entre 2 a 7 kg de alimentos por metro quadrado, dependendo da cultura e condições locais. Soma-se a questão, as possibilidades de combinar a produção com funções culturais (LOVELL, 2010) e os processos de aprendizado na ação. Estes sistemas podem ser uma fonte de renda e acesso ao trabalho.
Com a crise que Cuba sofreu nos últimos anos, por exemplo, a alternativa encontrada pela sociedade foi a transformação das terras disponíveis, em áreas destinadas para a agricultura urbana, totalizando mais de 35.000ha em Havana. Muitas cidades têm investido no potencial da agricultur urbana. Em Xangai, China, atividades de agricultura urbana podem fornecer 60% das hortaliças e 90% dos ovos consumidos pelos residentes. (LOVELL, 2010)
Para colocar em prática todos estes benefícios, alguns desafios a implantação dos sistemas de paisagismo produtivo no meio urbano devem ser superados. O valor da terra urbana, os regulamentos, referente ao zoneamento das atividades nas cidades são algumas das barreiras para a implementação destes sistemas. Problemas relacionados a carência de insolação e áreas permeáveis nas cidades, devido as altas densidades construtivas, são outros fatores que podem inviabilizar o cultivo de alimentos nas zonas urbanas. Além de fatores culturais, como a falta de experiência e de conhecimento sobre os potenciais da agricultura urbana.
Diante deste cenário, para potencializar a efetividade dos benefícios citados e mitigar os riscos existentes na produção de alimentos nas zonas urbanas se percebe a importância do fomento de estudos sobre a inserção do paisagismo produtivo nas áreas consolidadas das cidades brasileiras.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar o potencial da insolação e das áreas permeáveis no contexto da superquadra, 308 de Brasília, a fim de identificar as áreas passíveis para a produção de alimentos.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho sintetiza um estudo de caso realizado na superquadra, 308 de Brasília, Brasil. O trabalho tem caráter exploratório, foi desenvolvido em dois ciclos de pesquisa, complementares

entre si e deverá ser complementado com outros enfoques. No primeiro ciclo de pesquisa foi feita a revisão de literatura, sobre as oportunidades e os desafios da produção de alimentos nas áreas urbanizadas. O segundo ciclo de pesquisa corresponde ao levantamento de dados sobre: (a) incidência solar no solo; (b) áreas permeáveis; (c) densidade habitacional. Além disso, foi produzido a modelagem tridimensional desta superquadra.

A modelagem tridimensional da superquadra e a produção de mapas de uso e ocupação do solo urbano foram feitos para a identificação do potencial de zonas que são permeáveis e da quantidade de insolação no local, verificando as zonas de sombras projetadas. O uso de um método gráfico serve de instrumento pedagógico para a compreensão da dinâmica da geometria solar e, também auxilia o processo de concepção do sistema formal dos edifícios e espaços abertos. (Martins, 2014). Para verificar a quantidade de insolação no solo e nas fachadas edificadas, foi utilizado o programa computacional *sunhours*, plugin gratuito do Sketchtup. Já que esta ferramenta apresenta interface interativa, de fácil apreensão e com grande potencial para aplicação nos estudos preliminares sobre a forma urbana, tanto para estudantes, quanto para profissionais.

Esta abordagem procura subsidiar o processo de tomada de decisão sobre a forma urbana e pode ser aplicada, tanto para a formulação de normas e planos, quanto para o desenvolvimento de um projeto específico, considerando a escala dos edifícios e espaços abertos. Como o lugar, onde se insere cada cidade, é determinante para a sustentabilidade ambiental, as análises devem estar relacionadas, dentro do contexto regional de cada contexto urbano, seu clima, suas prioridades e sua legislação.

A escala de análise é uma quadra urbana, pois neste recorte espacial é possível compreender as interações entre os tipomorfológicos urbanos, o sistema formal das tipologias edílicas e dos espaços abertos. A superquadra de Brasília foi selecionada, por esta cidade ter sido produzida em conformidade com os preceitos da cidade moderna, sendo um exemplar deste modelo de cidade considerada patrimônio histórico (IPHAN, 2016). A superquadra 308, objeto de estudo, é a quadra que melhor representa o plano piloto para as áreas residenciais proposto por Lúcio Costa (MACHADO, 2007, p74). Além disso, o projeto de paisagismo proposto ali é considerado um modelo para as demais áreas da cidade, pois contempla um projeto paisagístico de 1963 do paisagista brasileiro, Roberto Burle Marx, o qual já utilizava espécies autóctones e defendia o uso de recursos naturais próprios ao cerrado. (ROCHA, 2011).

Este tema é pertinente, pelas críticas incidentes na cidade moderna, especialmente sob a perspectiva da vivacidade no pavimento térreo e pelo potencial de inserção de vegetação que a superquadra oferece. O intuito é estimular a análise da pertinência formal sobre a perspectiva da geometria solar e da permeabilidade do solo, contextualizando a forma edificada com as possibilidades de inserção de estratégias do paisagismo produtivo. Estes são requisitos importantes para o desempenho ambiental da forma urbana, sendo fundamentais para viabilizar a agricultura urbana no local.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto urbanístico de Brasília, concebido por Lúcio Costa, é reconhecida pela UNESCO como Patrimônio Cultural da Humanidade, desde 1987, mas somente em 1992 foram estabelecidas as normativas para tombamento deste conjunto. (IPHAN, 2016). A invenção da superquadra é materializada nesta cidade de bases modernas, inspirada nos conceitos da cidade jardim de Howard e das unidades de vizinhança de Clarence Perry. As superquadras conformam as unidades de vizinhança habitacionais, são quadras de livre circulação aos pedestres, permeadas por vegetação, edificações institucionais como escolas e creches, além de pequenos centros comerciais. Há o

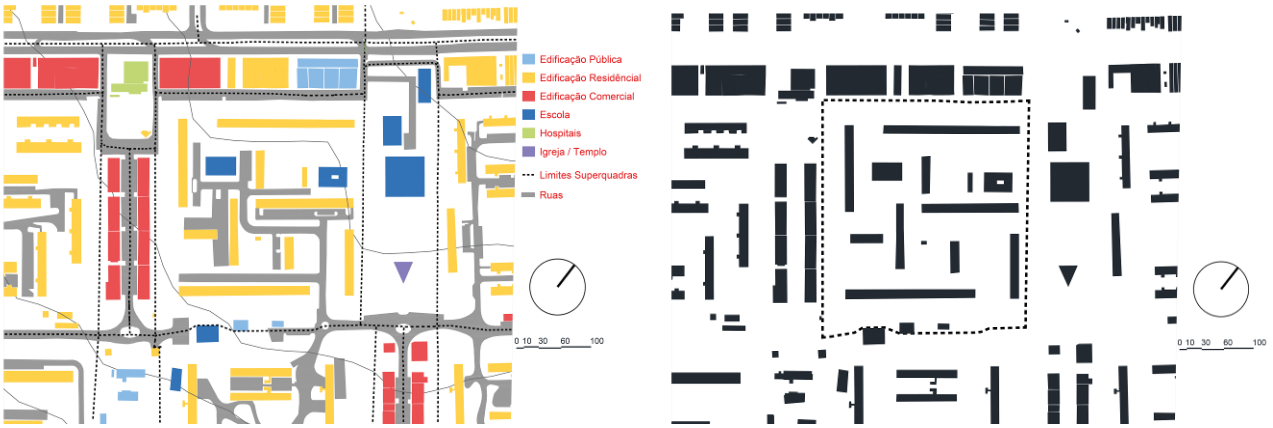
predomínio visível de superfícies permeáveis com vegetação e nítida separação das circulações entre os pedestres e veículos.
Como o modelo de cidade moderna é criticado, especialmente por difundir a monofuncionalidade, e por existirem contradições referentes as proporções das áreas verdes e os usos efetivos destes espaços, a inserção de princípios do paisagismo produtivo pode ser um agente propulsor da multifuncionalidade nos espaços abertos.
O quadro 1 ilustra as áreas e os percentuais de ocupação do solo pelas áreas edificadas, áreas destinadas ao sistema viário, estacionamentos e áreas permeáveis. Através da análise das plantas baixas dos edifícios residenciais na superquadra foi possível estimar o potencial de densidade habitacional no local, sendo que área comporta um total de 1.476 habitantes, correspondendo a 175,71hab/ha. Esta densidade é significativa e demanda muitos insumos para sua subsistência.

Quadro 1. Ocupação do solo na superquadra 308 de Brasília

	Dados diretos (Análise dos projetos)		Dados indiretos (Fonte: Rocha, 2011)	
	Área (m²)	Percentual (%)	Área (m²)	Percentual (%)
T área total da superquadra	83.892,96	100	75.540 m²	100
T área ocupação edifícios	13.382,20	15,95	12.719m²	17
T área vias internas e estacionamentos	16.226,61	19,34	12.044m²	16
T área impermeável:	29.608,81	35,29	24.763 m²	33
T área potencial para ser permeável	54.284,15	64,7	50.777m²	67

A distribuição dos blocos e o sistema viário foi elaborado em 1959, por Lúcio Costa. Como pode ser observado na figura 1, o desenho urbano dos tipomorfológicos da superquadra 308 segue uma lógica geométrica, com grandes áreas sem construções. No mapa de fundo figura, se verifica a grande proporção de áreas destinadas a vegetação, ao se comparar com as áreas edificadas. No local existem nove edifícios em barra, de caráter residencial, com um gabarito máximo de seis pavimentos e apenas um de quatro pavimentos. Existem dois edifícios institucionais, um destinado a escola e outro ao jardim de infância.

Figura 1. **Mapa de uso do solo e Fundo figura da superquadra de Brasília. Fonte: autores**



Considerando dados obtidos em outros lotes urbanos produtivos, a superquadra apresenta um potencial de produção muito significativo, tendo em vista a quantidade de área permeável. Em um

lote urbano de 60m² na Austrália, em Melbourne, é possível produzir anualmente 70kg de vegetais e 161kg de frutas. Já em um lote urbano da Califórnia, perto de Los Angeles, em cerca de 1.300m² uma família chega a produzir 3 toneladas de produtos orgânicos, por ano. Estes resultados dependem de muitas variáveis, sendo necessário um experimento prático na superquadra de Brasília para verificar a capacidade de produção de alimentos no local.

A energia solar representa um dos fatores que contribui para a produção e o crescimento das plantas no cerrado, assim como os baixos índices pluviométricos e a baixa fertilidade do solo podem impedir o potencial de crescimento de algumas espécies. A radiação solar que atinge Brasília é abundante para o suprimento das reações de fotossíntese, isto explica a grande biodiversidade de fauna e flora do bioma do Cerrado. (EMBRAPA, 2008)

Neste contexto a forma de implantação dos edifícios tem grande influência nas possibilidades de produção de alimentos. Quando um edifício se sobrepõe aos demais, sua sombra pode diminuir a capacidade de plantio de espécies comestíveis no pavimento térreo, e nas fachadas dos edifícios vizinhos. Portanto, a compreensão das interações entre a geometria solar, os edifícios e os espaços abertos é fundamental para a concepção da forma e dos usos destes espaços. No processo de concepção da forma dos edifícios, o fator da geometria solar pode ser determinante para a produção de alimentos, assim como para a qualidade ambiental de outros requisitos, tais como os relacionados a eficiência energética dos edifícios.

A lógica geométrica da distribuição dos edifícios na superquadra, as distâncias entre estes, as alturas variando entre 4 e 6 pavimentos no máximo foi pensada de maneira a considerar o acesso ao sol nos edifícios e espaços abertos, como garantia de qualidade para estes ambientes. Considerar a insolação no processo de projeto era uma das recomendações propostas na Carta de Atenas (1933). No entanto, neste período não era considerado relevante as possibilidades de inserção do paisagismo produtivo.

Nas figuras 2 e 3 se pode analisar o comportamento das sombras geradas pelos edifícios no solo e, respectivamente, o potencial médio de insolação diária. Gerado pelo programa SunHours, a escala de cores projetadas no solo tem seus extremos representados pelas cores vermelho e o azul. Sendo que a cor vermelha escura representa cerca de 10 horas de insolação e a azul mais escura, representa cerca de 2 horas de insolação nos solstícios de inverno e verão.

O mapa do solstício de inverno, apresenta áreas mais sombreadas comparado ao mapa do solstício de verão. Porém é perceptível que a insolação nos núcleos livres do térreo, entre as edificações, apresenta cerca de 8 a 10 horas de sol durante todo o dia, em ambos os períodos analisados. Valores estes que viabilizam a produção de hortaliças, leguminosas e frutíferas, além de outras espécies.

O manual para cultivo de hortaliças do programa de agricultura urbana de São Paulo, por exemplo, recomenda que a exposição solar das áreas para cultivo seja de no mínimo 4 horas diárias, sendo que algumas espécies de hortaliças necessitam de no mínimo 6 horas diárias. (MARTINS, BEVILACQUA E SHIRAKE, 2006). Claro, que existem espécies comestíveis que se adaptam a condições menos favoráveis de insolação, como espécies que nascem nas bases da floresta Amazônica, entretanto estas plantas não são usuais na culinária doméstica.

Através da análise dos mapas é possível constatar que o ideal moderno sob a perspectiva da insolação foi uma diretriz importante na concepção da forma urbana de Brasília, um dos fatores relevantes nas possibilidades de inserção do paisagismo produtivo.

Figura 2. Simulação de sombras projetadas na superquadra de Brasília: (a) Mapa sombras projetadas solstício de inverno; (b) Mapa sombras projetadas solstício de verão. Fonte: autores.

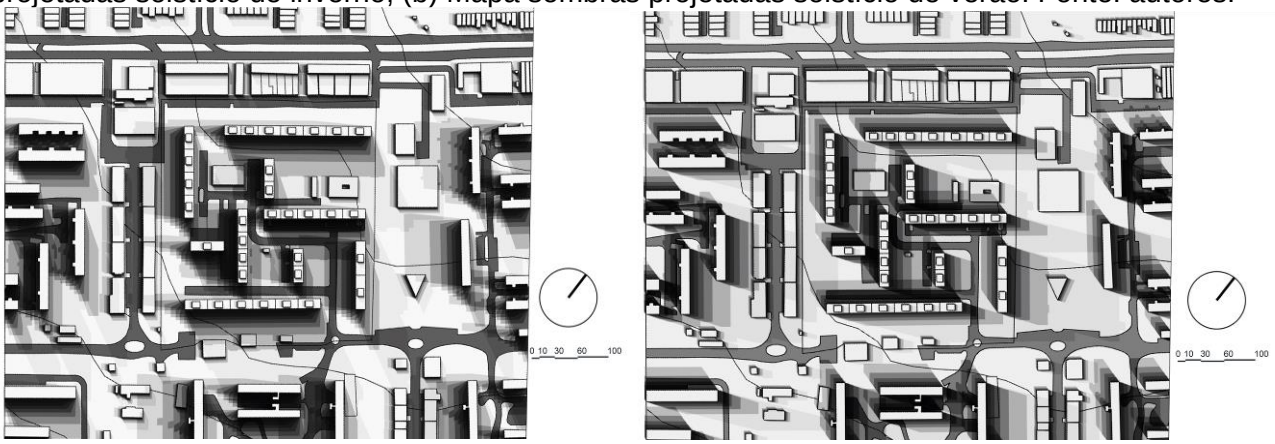
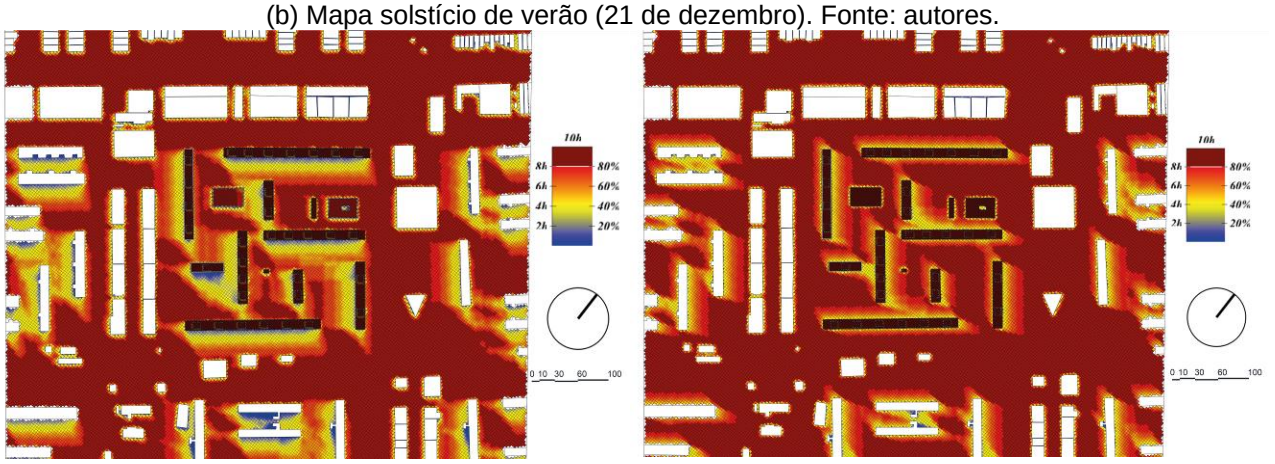


Figura 3. Simulação de insolação na superquadra de Brasília: (a) Mapa solstício de inverno (21 de junho); (b) Mapa solstício de verão (21 de dezembro). Fonte: autores.



A análise da incidência solar pode auxiliar o processo de concepção da forma dos edifícios e espaços abertos, de modo a considerar alguns aspectos da sustentabilidade ambiental nas cidades. Os dados levantados correspondem a disponibilidade de luz solar no solo e a quantidade de horas de sol. Este estudo pretende analisar a geometria da insolação sem considerar os efeitos da radiação e as possibilidades de reflexão da radiação solar. Outros estudos devem ser conduzidos nesta direção.

As condições climáticas locais, especialmente no período seco, abril a setembro, possui grandes amplitudes térmicas e baixos índices de umidade relativa do ar. O período chuvoso é de outubro a abril. A radiação solar direta atinge índices elevados. O regime de chuvas é bem definido, sendo que uma estação é seca com 40% a 60% de umidade relativa do ar e outra chuvosa com 60% a 90% de umidade relativa do ar. Existem alguns períodos que a umidade relativa do ar pode ser ainda mais baixa. (EMBRAPA, 2008). Assim aproveitar as águas pluviais é uma estratégia fundamental para viabilizar a produção de alimentos no local. Existe no tal 13.382,20m² de área destinada as coberturas dos edifícios, com potencial para recolhimento de água da chuva, sendo necessário apenas implantar um sistema de recolhimento das águas pluviais, com filtro e sistemas

de reservatórios para estas águas. A continuidade desta pesquisa poderá avaliar a capacidade de reservação das águas pluviais e as necessidades diárias do paisagismo produtivo.
A qualidade do solo é outro fator determinante para a produção de alimentos. No cerrado, o solo não é rico em nutrientes. (EMBRAPA, 2008). Contudo a compostagem de resíduos sólidos orgânicos pode mitigar este problema. Esta estratégia de sustentabilidade pode contribuir para qualidade do solo, assim como já minimiza a geração de resíduos domésticos. Novos estudos devem ser conduzidos, com a finalidade de identificar as possibilidades para a geração de terra orgânica, através da compostagem dos resíduos orgânicos domésticos.
De acordo com estudos Rocha (2011) observou-se que na maior parte dos canteiros destinados a vegetação, nas áreas das superquadras de Brasília, as folhas e galhos secos que caem no solo são removidos e descartados, gerando uma falsa ideia de manutenção, pois estes elementos são fontes potenciais de reposição de nutrientes para o solo. Este processo é usual em todas as áreas ajardinadas do Brasil. Como este fator é cultural, pode ser modificado a partir de estratégias de educação sócio ambiental.
Todos os seres merecem o acesso à luz solar, ao ar limpo, a água e ao solo, tanto dentro das habitações, como nas comunidades. (INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE, 2016). A partir da análise dos dados da superquadra 308 se pode perceber que o projeto moderno, pensado para garantir insolação adequada, grandes áreas de permeabilidade e vegetação no pavimento térreo, tem grande potencial para a inserção do paisagismo produtivo. Há uma oportunidade de transformação destes espaços abertos, considerados monofuncionais, em espaços multifuncionais. Tendo em vista de que a agricultura urbana pode agregar várias atividades para o convívio comunitário, uma diversidade de espécies produtivas para alimentação humana, também atrativas para a fauna, além dos benefícios ambientais já citados. Estes espaços abertos podem ser locais de educação na ação e promover redes de trocas solidárias.

5. CONCLUSÃO

A distribuição dos edifícios na superquadra segue uma lógica geométrica que rege a espacialidade de todos os espaços, priorizando um gabarito de no máximo 6 pavimentos e grandes espaços abertos destinados a vegetação no térreo. Sendo que o pavimento térreo apresenta 54.284,15m² de área passível a permeabilidade do solo. Toda esta área poderia ser destinada ao paisagismo produtivo, pois as distâncias entre os blocos edificados e as alturas de cada edifício, propicia acesso a radiação solar em praticamente todas as áreas permeáveis da superquadra, sendo necessário avaliar outros requisitos.
Os principais desafios analisados, de acordo com o escopo deste trabalho, para a produção de alimentos na superquadra de Brasília, correspondem a qualidade do solo, a quantidade e a distribuição pluviométrica anual. Estes fatores podem ser mitigados com a implantação de outras estratégias de sustentabilidade ambiental no local, como aproveitamento das águas pluviais e sistemas de compostagem de resíduos sólidos domésticos.
Apesar de muito criticada sob o viés da vivacidade urbana e da mobilidade e acessibilidade, a superquadra de Brasília tem grandes áreas no térreo destinadas a vegetação, as quais apresentam características fundamentais para a sustentabilidade e resiliência das cidades, tendo em vista de que a vegetação pode contribuir para a qualidade ambiental local, assim como pode integrar outras atividades humanas. O grande espaço aberto da superquadra é bastante flexível, sendo possível contemplar a interação entre diversas funções de suporte a agricultura urbana, como feiras de produtos, eventos de alimentação e de caráter pedagógico.
Este trabalho apresentou os principais benefícios, desafios e fatores ambientais que podem influenciar o potencial da agricultura urbana, e analisou a pertinência da forma urbana da

superquadra 308 de Brasília, sob o viés da insolação e quantidade de áreas permeáveis, para a implementação da agricultura urbana no local. Identificou que a insolação junto ao solo é adequada as necessidades das espécies, mas que outros desafios existem. Outros estudos precisam ser aprofundados para avaliar aspectos quantitativos referentes a cada um dos fatores apresentados, além de analisar a percepção humana sobre estas possibilidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. Ambiente & Sociedade. Campinas, v. X, n. 1 p. 137-150 jan.-jun. 2007.

BENISTON, J.; LAL, R. Improving soil quality for urban agriculture in the north central U.S. In: Carbon Sequestration in Urban Ecosystems. 2012, p. 279-313, 2012

BRENDA, B.L.; STACY, M.P.; SHALENE, J. The future of urban agriculture and

biodiversity-ecosystem services: Challenges and next steps. Basic and Applied Ecology, V. 16, p. 189–201, 2015.

EMBRAPA. Cerrado: ecologia e flora. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

IBGE. Censo Demográfico: Características urbanísticas do entorno dos domicílios, 2010.

INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE. The living community challenge standard 1.1. Seatle, 2016.

IPHAN. Portaria 314/1992 e decreto 10.829/1987. Distrito Federal, 2016. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Portaria_n_166_de_11_de_maio_de_2016_.pdf. Acessado em março de 2017.

LOVELL, S.T. Multifunctional Urban Agriculture for Sustainable Land Use Planning in the United States. Sustainability, V.2, p. 2499-2522, doi:10.3390/su208249, 2010.

MACHADO, M.P. Superquadra: Pensamento e Prática Urbanística. Dissertação de Mestrado. Brasília: FAU/UNB, 2007.

MARTINS, A.L.C.; BEVILACQUA, H.E.C.R.; SHIRAKI, J.N. Horta: cultivo de hortaliças. Prefeitura do Município de São Paulo Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente. São Paulo, 2006.

MARTINS, T. A. L. De condicionantes solares à oportunidades de desenho urbano: otimização de tipo-morfologias urbanas em contexto de clima tropical. Tese de doutorado. Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2010.

MCLAIN, M. P; HURLEY, J.; EMERY, M.R. Producing edible landscapes in Seattle's urban forest. Urban Forestry & Urban Greening, 11 (2) (2012), pp. 187–194, 2012

ROCHA, M.A. Superquadra de Brasília: um olhar segundo critérios paisagísticos. Brasília, 174p., 2011. Dissertação de Mestrado. Brasília: FAU/UNB, 2011.

SATTLER, M. A. Edificações Sustentáveis: interface com a natureza do lugar. In: MENEGAT, R.; ALMEIDA, G.; Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental nas cidades - estratégias a partir de Porto Alegre. Editora da UFRGS. Porto Alegre – RS, 2004

SATTLER, M. A. Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a casa Alvorada e o Centro Experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis. Porto Alegre: ANTAC, 2007. 488 p.

STEWART. A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. International Journal of Climatology, 31 (2) (2011), pp. 200–21, 2011

XIAO, Q.; MCPHERSON. E.G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. Urban Ecosystems, 6 (4) (2002), pp. 291–302, 2002.

190. VARIÁVEIS PARA VITALIDADE URBANA: ESTUDO DO PARQUE DA GARE, PASSO FUNDO/RS

CAMARA, Inara Pagnussat [1](inara.pagnussat@hotmail.com); MOSCARELLI, Fernanda[2] (fe_moscarelli@yahoo.com.br)
[1]Faculdade Meridional (IMED), Brasil
[2] Centro Universitário Metodista (IPA) Faculdades Meridionais (IMED), Brasil

RESUMO
O uso intenso dos espaços públicos depende de suas características próprias (dimensões, funções, equipamentos e estado de manutenção), mas também de elementos que configuram seu entorno: forma urbana circundante (LAMAS, 2000; MOUDON 2002), densidades (JACOBS, 2001), posicionamento quanto aos principais fluxos urbanos (HILLIER e HANSON 1984, HILLIER, 1996), entre outros, relacionados à sua posição no tecido urbano. Partindo de uma compreensão da forma urbana que se traduz por uma análise do conjunto de variáveis diretas (resultantes das formas tipo morfológicas), mas também por variáveis obtidas indiretamente pelas relações entre os indicadores ou entre escalas (Pont e Haupt, 2010), este trabalho objetiva um estudo aprofundado do ambiente urbano que circunda o Parque da Gare, espaço público predominantemente verde, recentemente revitalizado, na cidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. As análises realizadas mostram que a vitalidade urbana não depende da presença de um, dois, ou mesmo todos os fatores precedentemente citados, mas de um arranjo coerente entre eles, que pode ser potencializado ou minimizado em função do posicionamento do espaço no meio urbano.
Palavras-chave: Espaços públicos; Vitalidade, Forma urbana, Escala, Indicadores.

VARIABLES FOR URBAN VITALITY: STUDY OF THE GARE, PASSO FUNDO/RS

ABSTRACT
The heavy use of public spaces depends on their own characteristics (dimensions, functions, equipment and maintenance State), but also of elements that configure its surroundings: urban form (LAMAS, 2000 surrounding; MOUDON 2002), density (JACOBS, 2001), positioning as the main urban streams (HILLIER and HANSON 1984, HILLIER, 1996), among others, related to their position in the urban fabric. From an understanding of the urban form that translates to an analysis of the set of direct variables (resulting from morphological type forms), but also by variables obtained indirectly by the relationships between the indicators or between scales (Pont and Haupt, 2010), this work aims at an in-depth study of the urban environment that surrounds the Park from Gare, predominantly green public space, recently revitalized in the city of Passo Fundo, Rio Grande do Sul. The analyses show that the urban vitality does not depend on the presence of one, two, or even all of the previously mentioned factors, but a coherent arrangement between them, which can be powered or minimized depending on the positioning of the space in the urban environment.
Keywords: Public spaces, vitality, urban form, scale, indicators.

1. INTRODUÇÃO

Durante um longo período, após a Revolução Industrial, com a insuficência da construção civil e a sucessiva precariedade de saneamento básico, insolação e ventilação dos espaços edificados, o

esvaziamento urbano foi uma reação evidente. Porém, com o esvaziamento dos centros em direção à periferia consequentemente um dos elementos que declinaram nos centros urbanos foram os espaços públicos, os quais, perderam investimentos e sua atratividade. O movimento moderno, prescrevia a criação de grandes espaços ajardinados sem negligenciar a importância da densidade:

> "[...] é indispensável saber que essa mesma forma [casas individuais isoladas], utilizada nas cidades-jardins de grandes cidades, provocou, pela grande extensão das superfícies ocupadas, a própria desnaturalização do fenômeno urbano [...]" (LE CORBUSIER, 1984, p. 68).

O autor defende com este argumento, a necessidade da verticalização para introduzir a densidade na área urbana e preservar as áreas livres públicas nas áreas térreas. Porém, algo não pensado por Le Corbusier e tantos outros urbanistas desta época, é que a escala dos espaços livres é importante tanto quanto sua densidade.

Com o fracasso das utopias de planejamento urbano deste período, críticas foram levantadas sobre a vitalidade das cidades, por diversos autores como Jane Jacobs, Jan Gehl e Kevin Lynch, que ganharam destaque por suas estreitas observações do cotidiano das cidades, visando compreender as paisagens e fatores essenciais para a vida urbana. Jacobs (2001) e Gehl (2011) chamam atenção para que, praças e parques tenham densidades suficientemente capazes de alimentá-los:

> "Mais Áreas Livres para quê? Para facilitar assaltos? Para haver mais vazios entre os prédios? Ou para as pessoas comuns usarem e usufruírem? [...]Os parques de bairro bem-sucedidos raramente têm a concorrência de outras áreas livres. Isso é compreensível, pois as pessoas da cidade, com seus interesses e deveres, dificilmente conseguem dar vida a uma quantidade ilimitada de parques locais de uso genérico" *"(*JACOBS, 2001, s/p)

> "Pessoas e atividades podem ser reunidas através da localização de edificações e usos do solo de forma que o sistema de espaços públicos seja tão compacto quanto possível e de maneira que as distâncias para o tráfego de pedestres e as experiências sensoriais sejam tão curtas quando possível*"(*GEHL, 2011, p.85).

É possível perceber a sintonia entre os parques urbanos e a vitalidade urbana. Embora o conceito de vitalidade seja complexo e multifacetado e envolva padrões sociais, espaciais e econômicos, ele pode ser resumido na vida presente nas ruas, parques, passeios, espaços públicos abertos e que proporcionam trocas comerciais. Esta vitalidade é visívelmente identificada em espaços densos e frequentáveis, pela interação entre as pessoas, ou entre pessoas e a paisagem.

Além destes fatores, a impessoalidade moderna esvaziou as ruas, que viraram locais de passagem, apenas como suporte ao deslocamento entre casa e trabalho, alargando e interiorizando a vida privada. Os espaços públicos acabaram perdendo toda sua significação social.

As teorias lançadas por Jacobs na década de 60 (2001), são ainda aplicáveis quando se busca resgatar pré-existências da cidade multifuncional, compacta e densa onde a rua, o bairro e a comunidade são vitais na cultura urbana. Para a autora, "manter a segurança da cidade é tarefa principal das ruas e das calçadas" (JACOBS, 2001,s/p); Assim como é clara a delimitação entre público e privado, função da rua, além de proporcionar espaços de convidência e trocas comerciais.

Tais teorias podem ter sido inovadoras para a epoca, mas são cada vez mais -pertinentes no mundo atual.

Porém a existência de uma clara delimitação entre espaço privado (edificações) e espaço público (vias, parques) não pode ser entedida como um fator único de vitalidade urbana. A vitalidade pode vir do equilíbrio entre a quantidade de espaço destinado ao uso público e a quantidade destinada ao privado. Mas também vêm da frequências das vias e sua relação com a dimensão de quarteirões. Como vemos não é uma métrica simples.

Usualmente encontramos o debate entre as vantagens e desvantagens das cidades compactas versos as cidades inspiradas na teoria das cidades jardins. Porém, na discussão da densidade ideal para a sustentabilidade urbana, capaz de dar vida às cidades, dar retorno econômico às infraestruturas e aos sistemas de mobilidade coletiva, mas garantindo a presença da “verdura”, de espaços públicos e assim da qualidade de vida dos habitantes; muitos esquecem que a densidade ideal é um indicador dependente: do período histórico da sociedade, da zona (se central ou periférica) da cidade e da cultura local.

Acioly e Davidson (1998), trabalhando para o Habitat II no relatório “Building Issues”, demonstram como a densidade, o tamanho médio dos lotes urbanos, largura de vias e outros elementos dependem de critérios locais que resultam tanto da história de urbanidade local como do modo de vida, variando muito de continente à continente.

> “Na Europa e na América do Norte os núcleos das cidades têm 25% das terras destinadas às ruas, enquanto áreas suburbanas têm menos de 15%. Na maioria dos núcleos das cidades do mundo em desenvolvimento, menos de 15% da terra é destinada para ruas e a situação é ainda pior nos subúrbios e nos assentamentos informais, onde menos de 10% das terras são destinados a ruas. Este é um reflexo das enormes desigualdades em muitas cidades do mundo em desenvolvimento” (UN HABITAT, 2015, p.3).

Jacobs defende ainda que o estímulo e a indução de um maior e mais variado espectro de diversidade de usos e de pessoas serve como importante base para atividades econômicas e sociais alimentando o magnetismo urbano pronunciado por Cullen (1983) também nesta mesma década.

No contexto nacional, Del Rio (1990) contribui com o debate ao lembrar da importância do vínculo temporal, que relaciona a discussão ao registro no tempo e a carga histórica de cada local e que é muito importante para esta reflexão.

Percebe-se, assim, que a vitalidade está longe de ser um resultado direto da densidade urbana, da presença de multiplas funções urbanas. Muitos outros fatores econômicos, sociais, culturais e também ambientais devem ser considerados antes de qualquer intervenção no espaço urbano consolidado, pois:

> “Intervenções bem fundamentadas são capazes de influenciar positivamente a forma construída sem comprometer a identidade urbana geral da área. A forma urbana preexistente, os padrões e culturas de uso local do solo, servem de referência para novas extensões ou transformações urbanas. A abordagem histórica da paisagem urbana pode servir como ferramenta inovadora em prol de um planejamento baseado em valores" (UN HABITAT, 2015, p.6).

Defendemos a tese de que tanto estratégias de planejamento urbano que alteram a relação entre forma e densidade urbanas como estratégias voltadas à requalificação de espaços públicos aumentam a vitalidade urbana e, consequentemente, a atratividade de investimentos de forma favorável. Tais estratégias impactam, assim, indiretamente na produtividade das cidades podendo torná-las cidades inteligentes e inclusivas.

Assim, o objetivo desta pesquisa é o entendimento do ambiente urbano que circunda o Parque da Gare, relacionando forma e vitalidade urbana. Tal estudo é parte de uma pesquisa que pretende estudar o projeto de revitalização do Parque Gare e seus impactos no entorno imediato.

2. MÉTODO DE PESQUISA

2.1 Área de estudo

Passo Fundo está localizada no Planalto Médio Gaúcho, ao norte do estado do Rio Grande do Sul (figura 1). Possui cerca de 197.798 habitantes, sendo o 12º município mais populoso do estado e a 9ª maior econômia. Visto que, em cada local, agentes sociais de produção do espaço urbano inserem-se na temporalidade e influenciam o capitalismo, Passo Fundo possui destaque na rede urbana gaúcha em educação superior e serviços de saúde, onde diferentes interesses e conflitos disputam e os quais influenciam diretamente nas configurações e forma urbana da cidade. Não diferente do restante país, Passo Fundo possui maior concentração de pessoas na malha urbana se comparado ao campo.

Na área urbana de Passo Fundo existem trinta e uma praças e apenas um parque, o Parque da Gare (Figura 1). Localizado no setor censitátio n° 1 de Passo Fundo, o parque faz a divisa entre o Centro comercial da cidade e a Vila Nicolau Vergueiro. O setor possui população de aproximadamente 21.942 mil habitantes (IGBE, 2016).

O Paque pertence a ZRT6 (Zona de Recreação e Turismo) possuindo área de 72 mil m² (PMPF, 2016), o qual é circundado pela antiga estação férrea, residências mistas, serviços e comércios em geral.

Figura 1. Mapa de localização de Passo Fundo



Localização de praças e parques em Passo Fundo.

2.2 Metodologia

Tratando-se de um estudo de caso, onde pretende-se verificar o ambiente que circunda o Parque, fatores de densidade, o fluxos e e sistema de vias e a ocupação do lote, a metodologia da pesquisa foi delineada e desenvolvida através de fontes teóricas, visitas *in loco* e métodos de observação. Trata-se de um estudo descritivo e quantitativo, onde coletaram-se um conjunto de variáveis diretas (resultantes das formas tipo morfológicas), e indiretas (pelas relações entre escalas), visando organizar um arranjo coerente entre eles e, que pode ser potencializado ou minimizado em função do posicionamento do espaço no meio urbano.

Segundo Danna e Matos (2006), o método de observação se caracteriza por ser sistemático e objetivo; nesse sentido, deve ser planejado e conduzido em função de um objetivo anteriormente definido. Para isso é necessário estabelecer onde, quando e como será a observação; e quem ou o que será observado. Com base também em discussões de Gerhardt e Silveira (2009) de abordagem qualitativa, não há preocupação com representatividade numérica mas com aprofundamento da compreensão da vitalidade do Parque da Gare, enquanto qualificador da vida urbana.

O levantamento fotográfico, de informações e observações *in loco* realizou-se em horários diurnos entre 16 e 20 horas durante uma semana (de segunda à sexta-feira). Estes dias e horários foram escolhidos, pois o fluxo de usuários é menos intenso, podendo assim, compreender melhor os equipamentos, o ambiente circundante, as densidades e a ambiência em geral. Aos finais de semana, em dias secos, a presença de pessoas utilizando o parque é muito intensa e dificultaria nossa análise e levantamento fotográfico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 HIERARQUIA VIÁRIA

O Parque da Gare encontra-se com borda para a Av. Sete de Setembro, via arterial controlada por semáforo e a qual liga o Centro ao Bairro Villa Rodrigues através de uma bifurcação.Em frente ao Parque a um ponto de ônibus (Figura 2) com linhas que atendem a todas as regiões da cidade. Na borda oposta, a Rua Minas Gerais, via Coletora (Figura 3) para distribuição do trânsito às demais vias locais, as quais não possuem semáforo e possuem acesso à locais restritos.



Figura 2. Avenida 07 de Setembro



Via arterial e localização parada de ônibus.

Figura 3. Rua Minas Gerais



Via coletora ao fundo com vista do Parque.

O traçado das vias, no seu percurso total, explora as potencialidades paisagistísticas do sítio (MASCARÓ, 2008, p.87), com trechos curtos e com campos visuais abertos ao parque. Isso possibilita segurança e maior visibilidade, uma vez que usuários do parque, carros e pedestres possuem amplo campo de visão.
Além disso, embora o fluxo seja mais intenso na Avenida Sete de Setembro e na Rua Minas Gerais, as calçadas são amplas (Figura 4), bem pavimentadas, possibilitando o fluxo de pedestres com segurança e acessibilidade. As demais vias locais, possuem calçamentos menores, porém com amplos recuos ajardinados (Figura 5).

Figura 4. Avenida 07 de Setembro



Calçamento amplo com recuo ajardinado.

Figura 5. Rua Minas Gerais



Vias locais com recuos ajardinados.

3.2 USO DO SOLO

O entorno do Parque, possui uma vasta gama de atividades, as quais vêm sofrendo mutação constante ao longo do tempo. Devido sua proximidade com a antiga via férrea (Área Histórica – Figura 6), estar em um importante eixo de escoamento entre bairros e próximo a uma bifurcação de importantes avenidas, o uso do solo torna-se amplo com clareza para o uso misto (comercial e residencial) na área mais próxima ao centro e com intensidade uso exclusivo residencial ou residências com pequenos comércios, em direção ao Bairro Villa Rodrigues.

Além disso, junto à Antiga Estação Férrea, implanta-se o Senac (Serviço Nacional de Aprendizazem Comercial) e o Hemopasso (Fundação Estadual de Produção e Pesquisa em Saúde) os quais possuem usos com finalidade específica de ensino e serviços.

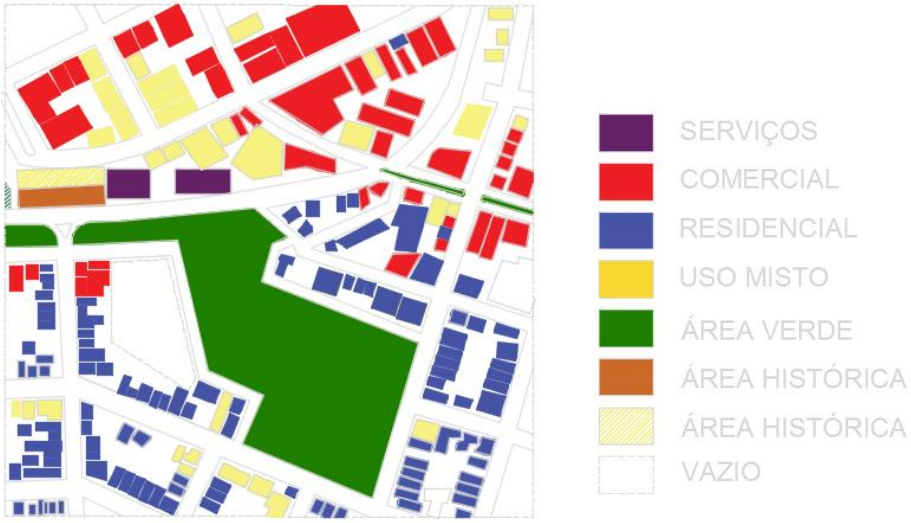


Figura 6. Antiga Estação Férrea



Projeto revitalização concluído em julho/16.

Figura 7. Senac e (ao fundo) hemopasso



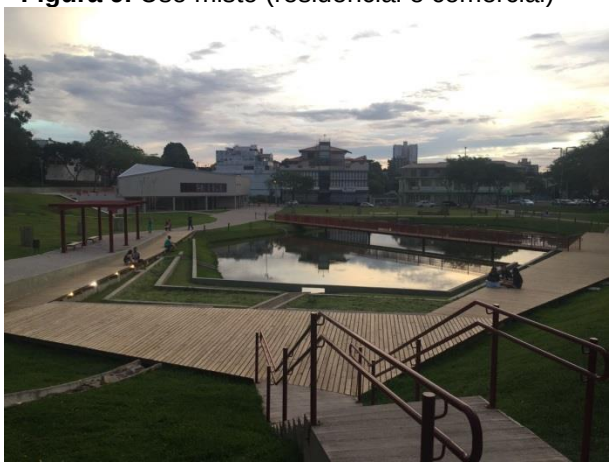
Presença de unidades de serviços.

Em quase totalidade da área circundante ao Parque, há predomínio de uso com finalidade residencial (Figura 8), as quais seguem as diretrizes do PDM (Plano Diretor Municipal), com recuos ajardinados de aproximadamente 4m, terrenos com área média de 300m². As residências são predominantemente em alvenaria, com algumas unidades em madeira. Na Rua Minas Gerais (Figura 9) há uso misto de residências com pequenos comércios.

Figura 8. Uso predominante residencial



Figura 9. Uso misto (residencial e comercial)



Permeabilidade do parque em relação ao ambiente circundante (e vice-versa)

3.3 GABARITO DE DENSIDADES

A densidade urbana é entedinda como a quantidade de pessoas que moram por hectare. Porém, outro fator importante de análise urbana trata da densidade construída, ou seja, as alturas médias construídas (ou gabarito) e as taxas de ocupações médias de um espaço urbano.

Para Acioly e Davidson (1998) além instrumento para o planejamento urbano, a densidade serve como instrumento para avaliar a eficiência e performance das propostas e/ou projetos de parcelamento do solo.



O gabarito de edificações é em sua maioria de 1 a 3 pavimentos nesta região, já que existem muitas residências unifamiliares (Figura 10). Isto também é consequência da legislação vigente, que permite contruções de até 3 pavimentos no Bairro Villa Rodrigues, porém, com as alterações de governos e na legislação municipal, alguns edificios implantaram-se na região.

Próximo a bifurcação da Avenida Sete de Setembro com a Avenida Presidente Vargas já percebe-se um crescente número de edifícios com densidade alta (Figura 11). Esta área está em expansão após o início de obras de requaificação do Parque da Gare e ganharam maior valor imobiliário, uma vez que possuia, nesta região, muitos terrenos vazios ou abandonados. Próximo ao centro também há presença de massa urbana mais densa, esta porém com edificíos construídos a mais de 10 anos.

Acioly e Davidson (1998) supõe que “altas densidades garantem a maximização dos investimentos públicos, inclusindo infra-estrutura, serviços e transporte e ainda permitem a utilização eficiente da qualidade de terra disponível” (ACIOLY E DAVIDSON, 1998, p.16)

Figura 10. Uso predominante residencial



Figura 11. Uso misto (residencial e comercial)



Permeabilidade do parque em relação ao ambiente circundante (e vice-versa)

3.4 EQUIPAMENTOS DO PARQUE

Os equipamentos do parque não servem somente para ambientação, mas para qualificar o espaço, para a estética, funcionalidade, da mesma forma que promove seguranã e conforto aos usuários.

Segundo Mascaró (2008) “os elementos urbanos podem ser classificados segundo as necessidades básicas a que atendem, tais como: descanso, lazer, proteção, acessibilidade, comunicação, limpeza, entre outros, e a motivos comerciais, infra-estruturais e decorativos, integrando-se à paisagem urbana.

O Parque da Gare contempla uma enorme diversidade de equipamentos – e para diversos usuários - que qualificam positivamente o local. Há brinquedos projetados com madeira de reflorestamento (Figura 12) dispostos de maneira agrupada em um lugal específico, amplo e plano próximo a um grande gramado. Nesta área há bancos e árvores de sombra recém plantadas. O local é dinâmico, flexível e colorido de maneira a explorar as atividades lúdicas as crianças. Uma área próxima contempla local para jovens esportistas e mais aventureiros, com pista de skate ou bicicleta e quadra poliesportiva em cimento queimado e alisado – evitando chão pontiagudo ou propício a acidentes mais delicados, embora não seja o ideal quanto à permeabilidade. Porém, o concreto na paginação exige poucos gastos com manutenção e é aconselhavem a áreas mais populares. (Figura 13).

Figura 12. Área de jogos infantis

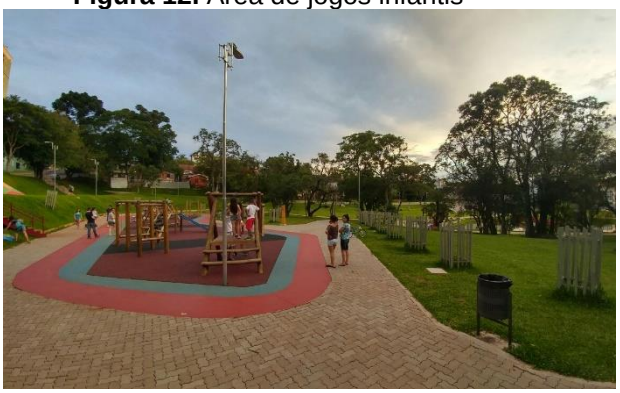


Figura 13. Área de esportes – skate e bicicleta



Equipamentos mistos do parque para usuários de faixas etárias diferentes

Nesta área de esportes há barreiras em grades, cercas e corrimões que delimitam o espaço e seus acessos. Estas podem ser usadas como proteção aos usuários ou aos esportes praticados no local. Estas alturas variam de 0,50cm até 3m, variando de acordo com o local e a atividade física realizada.

Embora sejam delimitadores de espaços, não impedem a visão dos usuários do parque e tampouco geram áreas de perigo ou esconderijos, pois são simples e possibilitam permeabilidade visual.

Além disto, há uma vasta infraestrutura de paisagismo, jarros de água, presença de água, luminárias e esculturas. O local possui boa drenagem e permeabilidade pois conta com grandes áreas gramadas (Figura 14), onde as pessoas podem se apropriar do espaço para caminhar, sentar e ampliar relações sociais.

Possui diversidade de vegetações, as quais auxiliam na diminuição da temperatura, em modificar a direção dos ventos, compor ambiências específicas, gerar conforto e sombreamento etc. A fonte (Figura 15) está em ponto estratégico, possibilitando que os usuários contornem o local para relações sociais e contemplação.

Figura 14. Uso predominante residencial

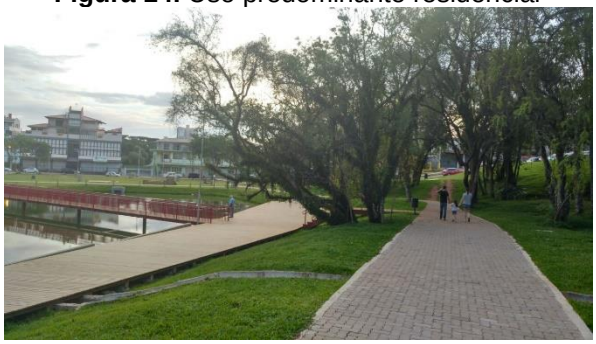


Figura 15. Uso misto (residencial e comercial)



Equipamentos mistos do parque – usuários apropriando-se dos espaços

4. CONCLUSÃO

As análises locais e leituras realizadas mostram que a vitalidade urbana não depende da presença de um, dois, ou mesmo todos os fatores precedentemente citados, mas de um arranjo coerente entre eles, que pode ser potencializado ou minimizado em função do posicionamento do espaço no meio urbano.

O Parque da Gare com seus jardins e diversidade de equipamentos promovem o encontro das pessoas e vitalidade da área e da cidade como um todo. A vegetação e as grandes áreas gramadas contribuem com o paisagismo, com a estruturação dos espaços livres, com a permeabilidade urbana e com a sensação de conforto aos usuários e moradores locais. A requalificação interviu positivamente na densidade local, com novos usos e com maior valorização imobiliária dos bairros vizinhos e do entorno imediato.

Neste contexto, a pesquisa, ainda em estado inicial, identificou fatores que contribuirão à vitalidade do Parque Gare: (a) um aumento significativo da densidade construída, impactando diretamente na densidade de pessoas circulando no entorno; (b) uma facildade de acesso pedestre (proximidade do centro comercial) e por veículos e transportes coletivos, graças ao controrno de vias coletoras e arteriais importantes além da (c) maior presença de pessoas na rua, em horários antes não povoados, devido a qualificação da estrutura e dos equipamentos implantados no parque, os quais proporcionam maior segurança e conforto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY, Claudio C. e DAVIDSON, Forbes . Densidade Urbana. Mauad Editora Ltda, 1998 - 104 páginas.

CULLEN, G. Paisagem urbana. São Paulo: Martins Fontes, 1983.

DANNA, M. F., & MATOS, M. A.. Aprendendo a observar. São Paulo: EDICON, 2006.

DEL RIO, Vicente. Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento. São Paulo: Pini, 1990.

GEHL, J. Life between buildings: using public space. Washington, DC: Island Press, 2011.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de pesquisa. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2016.

HILLIER, B.; HANSOn, J. The social logic of space. Londres: Cambridge University Press, 1984.

HILLIER, B. Space is a Machine. Cambridge : Cambridge University Press, 1996.

JACOBS, J. Morte e vida de grandes cidades. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

LAMAS, J. M. R. G. Morfologia e desenho da cidade. Lisboa: Fuindação Calouste Gulbenkian, 2000.

LE CORBUSIER. Planejamento Urbano. São Paulo: Perspectiva, 1984.

MASCARÓ, Juan Luís (org). Infra-estrutura da Paisagem. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2008.

MOUDON, A. V. Thinking about micro ans macro urban morphology. Urban morphology, vol. 6, n° 1, 2002, p. 37-39.

PONT, M. B.; HAUPT, P. Spacematrix: space, density and urban form, 2010.

SABOYA, Renato T. De. Fatores morfológicos da vitalidade urbana – Parte 1: Densidade de usos e pessoas / Renato T. de Saboya. ArchDaily Brasil, 2016. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/br/798436/fatores-morfologicos-da-vitalidade-urbana-nil-parte-1-densidade-de-usos-e-pessoas-renato-t-de-saboya>. Acesso em:28 dez 2016.

238. AGRICULTURA URBANA E PROTEÇÃO AMBIENTAL: CONCILIAÇÕES NECESSÁRIAS PARA A PERMANÊNCIA DA AEIS DO GRAMOREZINHO NA ZPA 9 EM NATAL/RN

MEDEIROS, Camila Bezerra Nobre de[*1](cabnob@gmail.com); ATAÍDE, Ruth Maria da Costa[2] (rataide_58@hotmail.com)*

[1]Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGAU/UFRN), Brasil

[2]Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGAU/UFRN), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

Observa-se, no ordenamento urbano do município de Natal/RN, uma sobreposição entre o reconhecimento de áreas com elevada precariedade social e urbanística, denominadas Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS), e os espaços delimitados como Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs), que objetivam a proteção de áreas ambientalmente frágeis, conforme estabelece o Plano Diretor de 2007. Esta sobreposição engendra conflitos socioambientais, como os observados na ZPA9 (conjunto de dunas e lagoas do Rio Doce), na qual se insere a AEIS de Segurança Alimentar do Gramorezinho, onde se pratica a agricultura urbana. Durante muito tempo, a ocupação no Gramorezinho conflitou com os objetivos de proteção da ZPA. Vislumbra-se, contudo, a possibilidade de conciliação desses conflitos, especialmente a partir da atuação do Projeto Amigo Verde, que provê assistência técnica para implantação da agricultura orgânica no assentamento. Tendo em vista o processo de regulamentação da ZPA9, em curso, este trabalho busca compreender que estratégias têm sido adotadas para a delimitação da AEIS do Gramorezinho e como as atividades agrícolas são vistas face à proteção ambiental no processo. Realizou-se, para isso, pesquisa bibliográfica acerca do tema da agricultura urbana e sua relação com a questão ambiental, coleta de dados secundários sobre o assentamento e análise dos regramentos incidentes sobre o Gramorezinho junto aos órgãos públicos, assim como uma avaliação dos estudos e das propostas referentes à ZPA9. Os resultados revelam preocupação com a garantia do direito à moradia a partir da proposição de um perímetro para a AEIS do Gramorezinho, apesar de evidenciarem primazia do ambiental sobre o social, em cumprimento aos objetivos de proteção da área. Ademais, mesmo com restrições para algumas frações da ZPA, incluindo a proibição do uso de agrotóxicos, a continuidade da atividade agrícola é admitida, sinalizando a possibilidade de conciliação entre o direito à moradia e à reprodução de práticas tradicionais rurais.

Palavras-chave: Agricultura Urbana; Proteção Ambiental; AEIS do Gramorezinho; ZPA 9.

URBAN AGRICULTURE AND ENVIRONMENTAL PROTECTION: NECESSARY CONCILIATIONS FOR GRAMOREZINHO'S AEIS PERMANENCE IN THE ZPA 9 IN NATAL/RN

ABSTRACT

An overlap of the recognition of areas with high level of social and urban precariousness areas, called Special Areas of Social Interest (AEIS), and spaces delimited as Zones of Environmental Protection (ZPAs), that aim the protection of environmental fragile areas, as expressed by the Master

Plan of 2007, takes place in the urban planning of Natal/RN. This overlap generates socioenvironmental conflicts, as the ones observed in ZPA9 (set of dunes and lagoons of Rio Doce), in which urban agriculture occurs. Over time, the occupation at the now delimited AEIS have affected the area classified as ZPA. However, especially with the operation of the *Amigo Verde* Project, that provides technical assistance to the implementation of organic agriculture in the settlement, addressing to minimize environmental impacts related to the vegetables production, a possibility of conflict conciliation emerges. Considering the regulation process of ZPA9, in progress, this paper aims to comprehend the adopted strategies to the delimitation of Gramorezinhos' AEIS and the way agricultural activities are seen when faced with environmental protection. The methodology consisted in a literature review about urban agriculture and its relation with environmental protection, a collection of secondary data and a research about the incident regulations on the study area on public institutions, as well as an analysis of studies and proposals regarding ZPA9. The results reveal a concern with the right of dwelling through the proposition of a perimeter for Gramorezinho's AEIS, although there is a prevalence of environmental matters above social matters, regarding the protection purpose for the area. Moreover, even with restrictions to some areas of the ZPA, including the prohibition of using pesticides and allowing the continuity of agricultural activities, what shows a possibility of conciliation between the right of dwelling and the reproduction of traditional rural practices.
Keywords: Urban Agriculture; Environmental Protection; Gramorezinho's AEIS; ZPA 9.

1. INTRODUÇÃO

A Agricultura Urbana e Periurbana (AUP), apesar de não ser uma prática recente, tem despertado o interesse de diversos atores, pelos diferentes benefícios que pode trazer para as cidades. Contudo, a AUP não está isenta dos conflitos, que se manifestam de forma distinta no espaço e expressam a coexistência de interesses também distintos. O avanço da urbanização sobre as áreas periféricas, por exemplo, se configura como uma ameaça às áreas produtivas ali existentes, em um contexto de intensa disputa pelo uso e apropriação do solo. Outro tipo de conflito que pode resultar dessa atividade são os socioambientais, quando os interesses sociais como o da moradia ou da reprodução de um modo de vida conflitam com a necessidade de proteção dos recursos naturais. Isso ocorre, por exemplo, no momento em que atividades agrícolas se desenvolvem em áreas ambientalmente protegidas em meio urbano, como Áreas de Proteção Permanente (APP), fato que evidencia, entre outras, a seguinte questão: como conseguir conciliar, em casos como esse, o interesse social com o interesse ambiental?

Buscando respostas para esta questão, analisa-se, neste trabalho, o exemplo da comunidade do Gramorezinho, localizada no município de Natal/RN, considerado completamente urbano, mas que abriga, em sua Região Administrativa Norte, uma área significativa reservada à prática da agricultura, por iniciativa de um grupo de produtores que cultiva hortaliças nos quintais de suas residências. O Gramorezinho é classificado pelo atual Plano Diretor de Natal - Lei 082/2007 (NATAL, 2007) como uma Área Especial de Interesse Social (AEIS) de segurança alimentar, ao mesmo tempo em que se insere em uma Zona de Proteção Ambiental (ZPA), denominada "ecossistema de lagoas e dunas ao longo do Rio Doce", sobreposição que engendra alguns conflitos socioambientais. Tendo em vista que o processo de regulamentação da ZPA se encontra em curso, o trabalho tem por objetivo compreender as estratégias adotadas para a delimitação da AEIS do Gramorezinho e o modo como as atividades agrícolas são enxergadas face à proteção ambiental.

2. MÉTODOS DE PESQUISA

Adotou-se, como metodologia para o desenvolvimento da pesquisa, uma revisão bibliográfica sobre o conceito de agricultura urbana a partir da perspectiva da justiça socioambiental e a análise do estudo de caso, realizada a partir da coleta de dados secundários sobre o assentamento do Gramorezinho, incluindo os regramentos urbanísticos e ambientais incidentes sobre ele, com visitas a órgãos públicos (níveis Federal, Estadual e Municipal), assim como dos estudos e das propostas referentes à regulamentação da ZPA 9.

3. DISCUSSÃO: AGRICULTURA URBANA E JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL

Os estudos sobre a prática da agricultura urbana têm ganhado visibilidade nas últimas décadas. Segundo Miriam Zaar (2011), o tema começa a ser mais debatido a partir da década de 1980, fato que provavelmente está relacionado com a intensificação das discussões em torno da questão socioambiental. Apesar disso, é fato que a atividade agrícola nas cidades não é recente, tendo sido verificada em diversos momentos da história, a exemplo dos *hortus*, na Roma Antiga, dos *jardins ouvriers*, na França pós-revolução industrial, e dos v*ictory gardens*, nos Estados Unidos no período das duas grandes guerras mundiais. Nessas referências, a principal razão para o cultivo e a criação de animais nas cidades era a obtenção de alimentos e, atualmente, outras razões se somam a essa e motivam a sua prática, tais como: o ativismo social, a obtenção de renda, a preocupação com o meio ambiente, a busca por novas formas de lazer e ocupação, entre outras.

Para entender a agricultura urbana, é preciso que se discuta a ideia da existência de uma dicotomia na relação cidade-campo. Mais que opostos, os pares cidade/campo e urbano/rural são dimensões complementares e, diferente do que o senso comum tende a acreditar, o campo não é lugar exclusivo das atividades primárias, assim como na cidade não se desenvolvem apenas atividades terciárias (serviço e comércio) e industriais. Nesse sentido, tanto a cidade pode abarcar atividades agrícolas, a exemplo das iniciativas de agricultura urbana, como também o próprio campo, especialmente a partir da industrialização, já abriga outros tipos de atividades que têm sido associadas ao urbano, como as atividades de lazer e turismo (pesque-pague, hotéis fazenda e chácaras de lazer) e a segunda residência em condomínios fechados, conforme demonstra o trabalho de José Graziano da Silva (1997).

Contudo, há autores que afirmam que o urbano, conjunto de características que define o fragmento de espaço[1] da cidade, tende a se expandir e a ressignificar o rural. Inserem-se, nessa perspectiva teórica, os conceitos de urbanização extensiva, discutido por Roberto Monte-Mór (2006) e de urbanização dispersa, abordado por Ester Limonad (2006), ambos com vínculos na ideia de sociedade urbana, elaborada por Henri Lefebvre (2006). Todas essas expressões constituem a síntese de um mesmo processo, que se intensificou a partir da industrialização, em que o urbano já não se limita ao perímetro físico da cidade, se expandindo para outros fragmentos de espaço através de um conjunto de costumes, valores e atividades. Lefebvre (2006), chama atenção para a influência da sociedade urbana sobre o mundo rural, destacando a presença de alguns movimentos, serviços ou equipamentos: segundas residências no campo, serviços de abastecimento de água e a energia, o automóvel, a televisão, o mobiliário moderno, os costumes das cidades e uma constante preocupação com o futuro.

[1] Utiliza-se aqui o conceito de fragmento de espaço tomando como base a obra de Milton Santos (2014), para quem o espaço é composto por um conjunto de objetos, que representam a sua materialidade, e ações, que representam sua dimensão não tangível, isto é, os processos sociais, culturais, políticos e econômicos que o constituem. De acordo com essa visão, cidade e campo seriam fragmentos do espaço, enquanto o rural e o urbano seriam as suas formas-conteúdo, aquilo que lhes confere sentido.

Entretanto, isso não significa que o rural desaparece ou deixa de apresentar singularidades. Pelo contrário, como afirma o próprio Lefebvre, "entre as malhas do tecido urbano persistem ilhotas de *ruralidade* 'pura', torrões natais frequentemente pobres (nem sempre), povoados por camponeses envelhecidos, mal 'adaptados' (...)" (LEFEBVRE, 2006, p. 19). A persistência dessas áreas em meio urbano evidencia as contradições existentes no espaço e a agricultura urbana – oriunda de "áreas remanescentes" (áreas rurais que foram incorporadas às cidades com o avanço da urbanização) ou praticada por migrantes do campo que não conseguem se inserir no mercado de trabalho formal das cidades – é uma clara ilustração da descrição do autor.

De fato, a dinâmica urbana ameaça a permanência de áreas produtivas no perímetro das cidades e em suas proximidades, especialmente as mantidas pela população mais pobre, pois, segundo Doralice Maia (1999), as atividades primárias são as mais frágeis e aquelas que mais facilmente se retiram na disputa pelo solo urbano. Além desta dificuldade, outras se impõem na reprodução da atividade agrícola nas cidades, conforme ilustram Daniela Almeida e Heloisa Costa (2014), tais como: o valor elevado dos impostos territoriais urbanos; o avanço do perímetro urbano sobre o rural, através de alterações normativas; a pressão pela construção de moradias; a degradação dos recursos naturais nas cidades (água, terra e ar); e a pouca expressividade e, consequentemente, poder político, de organizações de base voltadas à agricultura urbana.

Contudo, ainda segundo Almeida e Costa (2014), essas questões têm sido pouco evidenciadas nas discussões relacionadas ao planejamento das cidades, tendo tido maior destaque as abordagens que entendem a prática da agricultura urbana e outras demandas sociais a partir da matriz da modernização ecológica, definida por Henri Acselrad (2001) como aquela que considera os problemas ambientais sob uma perspectiva econômica e técnica, deixando de lado a reflexão sobre as relações existentes entre a desigualdade social e a proteção ambiental. Assim, enquanto se evidenciam hortas orgânicas produzidas em telhados de shopping centers e "fazendas verticais" como uma via de "sustentabilidade ambiental" do planejamento territorial, se negligencia a existência de agricultores urbanos que sobrevivem da sua produção, especialmente nas franjas do tecido urbano, enfrentando problemas típicos das áreas periféricas (precariedade de serviços públicos, infraestrutura e insegurança), além daqueles associados à urbanização extensiva.

Entender a agricultura urbana a partir da perspectiva da justiça socioambiental é direcionar o olhar para a prática dos grupos sociais historicamente excluídos, como os produtores e/ou comunidades tradicionais que sobrevivem da atividade agrícola e os que a utilizam como fonte de renda complementar, buscando o alinhamento entre as dimensões sociais e ambientais. Essa abordagem se torna ainda mais importante, quando se identifica que muitas das iniciativas de AUP estão situadas nas áreas delimitadas para proteção ambiental dos municípios, devido à proximidade com recursos naturais (corpos d'água e terra fértil, por exemplo), que estas proporcionam, facilitando o cultivo de espécies vegetais. Além disso, quando se trata de grupos historicamente excluídos, afetados pela desigualdade e pouca efetividade das políticas públicas de acesso à terra e a moradia do país, estes buscam atender suas necessidades de morar em áreas que não podem ser ocupadas pelo mercado imobiliário formal, entre elas os espaços ambientalmente protegidos. Isso significa que algumas das áreas destinadas à agricultura urbana e periurbana podem também se configurar como assentamento precário[2].

Muitas vezes, essa situação resulta em conflitos, especialmente quando a produção agrícola ocorre na forma convencional (com o uso de agrotóxicos, adubos químicos e prevalência da monocultura),

[2] Entende-se, por assentamento precário, a ocupação humana que apresenta fragilidades nas suas condições de moradia, devido às seguintes condições, que podem se apresentar isoladamente ou em conjunto: irregularidade fundiária, ausência de saneamento, serviços e equipamentos urbanos deficitários e frágil qualidade construtiva.

confrontando as necessidades de sobrevivência e de reprodução do modo de vida dos produtores com os argumentos da proteção ambiental. Nesse sentido, algumas soluções adotadas para minimizar os conflitos, apesar dos avanços normativos sobre a matéria, ainda tendem a adotar métodos conservadores que afrontam direitos sociais, como as remoções dos assentamentos que resultam em desabrigo das suas populações, ou a proibição da continuidade das atividades agrícolas, ou imposição de critérios muito restritivos para sua continuidade, podendo esta última resultar na expulsão dos produtores e na supressão da atividade econômica que garante sustento das suas famílias. Para as áreas agrícolas que se encontram em situação de irregularidade, a situação se apresenta ainda mais grave, considerando que a ausência do título de posse da propriedade os torna ainda mais vulneráveis frente a políticas de remoção. No entanto, a depender dos atores envolvidos, é possível encontrar soluções que dialoguem com o princípio da justiça socioambiental, como as políticas de reconversão, isto é, políticas voltadas para promover as práticas da agricultura orgânica ou agroecológica[3], que geram menos impactos socioambientais. Nesse sentido, há projetos como o "Amigo Verde", detalhado mais adiante, que buscam substituir a produção convencional pelo modo orgânico, de modo a minimizar ou eliminar os danos sobre o meio ambiente, assegurando a permanência dos produtores agrícolas no lugar.

Desde a perspectiva normativa, a própria Legislação Federal pode fornecer referências para a ocupação de áreas ambientalmente protegidas por atividade agrícola, mais especificamente, dos dois tipos de áreas principais que devem ser protegidas segundo o marco legal brasileiro: as Áreas de Preservação Permanente (APP) e as Unidades de Conservação (UC). A APP é definida pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal Nº 12.651/2012, como sendo uma "área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas" (BRASIL, 2012, Art. 3º, II). São consideradas APPs: faixas marginais de cursos d'água naturais perenes e intermitentes, áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais (decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais), áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, veredas, dentre outras, com condições específicas (BRASIL, 2014, Art. 4º).

O Artigo 61 do Código Florestal autoriza a continuidade de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em APPs, em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008. O Código define ainda a obrigatoriedade de recomposição de faixas marginais ao longo de cursos d'água naturais, variando as suas dimensões de acordo com o tamanho da propriedade, medida em módulos fiscais[4]: quanto maior a propriedade, maior a área destinada à recomposição de faixas marginais. Contudo, a permissão da continuidade de atividades agrícolas em APPs pelo Código é especificada apenas para áreas rurais, não havendo qualquer menção à atividade agrícola desenvolvida em meio urbano. Para este meio, o Código Florestal estabelece apenas a possibilidade de regularização fundiária de interesse social e específico (Arts. 64 e 65), exigindo

[3] A agricultura orgânica é um sistema de manejo que prioriza a proteção ambiental e utiliza técnicas como a rotação de culturas e a compostagem. A agricultura agroecológica também obedece a esses princípios, contudo apresenta uma crítica contundente à organização do trabalho dentro do sistema capitalista, buscando relações sociais mais justas na produção.

[4] No Brasil, o módulo fiscal é a unidade de medida (em hectares) utilizada para mensurar as propriedades rurais e varia de 5 a 110 hectares. O módulo é estabelecido pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), sendo específico para cada município, e pode ser consultado em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/indices-cadastrais/indices_basicos_2013_por_municipio.pdf>.

estudos técnicos que comprovem a viabilidade do procedimento regulatório, de forma que este não ofereça riscos nem à população, nem ao meio ambiente. Nesse sentido, quando se trata de iniciativas de agricultura urbana em APPs, entende-se que, embora não haja especificação na lei, se esta permite a continuidade da agricultura em áreas protegidas no meio rural, o mesmo poderia ser considerado para o urbano.

No que diz respeito às Unidades de Conservação (UCs), a Lei Federal Nº 9.985/2000 – que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) – as define como sendo o "espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração (...)" (BRASIL, 2000, Art. 2º, I). O SNUC é formado pelo conjunto de unidades de conservação federais, estaduais e municipais classificadas em duas categorias principais: (I) Unidades de Proteção Integral, que têm por objetivo a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais; (II) Unidades de Uso Sustentável, que visam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos seus recursos naturais. Cada uma dessas categorias também observa outra subclassificação, merecendo destaque a Reserva Extrativista e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável, previstas nas Unidades de Uso Sustentável, pelo fato de permitirem a atividade agrícola em coexistência com a conservação.

A Reserva Extrativista deve ser utilizada por populações que praticam o extrativismo tradicionalmente e que, de maneira complementar, realizam a agricultura de subsistência e criação de animais de pequeno porte. O objetivo da criação dessa reserva é o de proteger o modo de vida dessas populações, ou seja, sua cultura e a sua forma de sobrevivência, assegurando o uso sustentável dos recursos da UC (BRASIL, 2000, Art. 18). Já a Reserva de Desenvolvimento Sustentável, tem por objetivo assegurar a proteção ambiental, ao mesmo tempo em que permite a exploração dos recursos naturais por populações tradicionais (BRASIL, 2000, Art. 20), com a substituição de cobertura vegetal por áreas cultiváveis, desde que obedecendo ao zoneamento, limitações legais e plano de manejo da área (BRASIL, 2000, Art. 20, Parágrafo IV).

Vê-se, dessa forma, que a legislação federal compreende a importância de se preservar o meio ambiente, não como algo absoluto, e sim a partir de uma conciliação com a dimensão social quando for possível. Discutem-se, na seção seguinte, as estratégias de gestão urbana adotadas na consideração dos conflitos que se estabelecem entre uma área de produção agrícola em Natal/RN, o Gramorezinho, e a Zona de Proteção Ambiental em que ele se insere, a ZPA 9.

4. RESULTADOS: GRAMOREZINHO - ENTRE O INTERESSE SOCIAL E O AMBIENTAL

O Gramorezinho é um assentamento humano formado por majoritária presença de agricultores urbanos, localizado na Região Administrativa Norte do Município de Natal/RN (RAN)[5]. De acordo com dados da Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal (SEMURB), a ocupação possui cerca de 40 anos e é proveniente de migrantes do êxodo rural, que começaram a se direcionar à região a partir da década de 1970 (SEMURB, 2009). Além da produção agrícola, as características morfológicas e o modo de vida dos habitantes do Gramorezinho tornam o assentamento uma ilha de ruralidade em meio urbano: ruas de terra; o hábito de criar animais de pequeno porte, conversar na calçada, andar de bicicleta ou a cavalo; as brincadeiras ao modo antigo, a proximidade com a natureza e o cultivo da religiosidade marcam o cotidiano da comunidade. Ao mesmo tempo, contudo, por se inserir em um bairro periférico da cidade, enfrentam diversos problemas

[5] O município de Natal é dividido em quatro regiões principais: Região Administrativa Norte (RAN), Região Administrativa Leste (RAL), Região Administrativa Oeste (RAO) e Região Administrativa Sul (RAS).

relacionados a essa condição, tipicamente urbanos: a falta de transporte adequado, péssimas condições de mobilidade e carência de equipamentos públicos de qualidade são alguns exemplos[6].

No que diz respeito ao regramento urbanístico incidente no assentamento, destaca-se a delimitação do Gramorezinho como Área Especial de Interesse Social (AEIS) de Segurança Alimentar, pelo Plano Diretor de Natal – PDN2007(Lei 082/2007), em vigor. De acordo com a definição do PDN, as AEIS são áreas destinadas à "produção, manutenção e recuperação de habitações e/ou regularização do solo urbano e à produção de alimentos com vistas à segurança alimentar e nutricional" (NATAL, 2007, Art. 22). Como o Plano não especifica o conceito se segurança alimentar e nutricional, tomamos como base a definição estabelecida pela Lei Federal nº 11.346/2006, que define a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) como a garantia do direito ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, através de práticas alimentares promotoras da saúde, que respeitem a diversidade cultural e sejam sustentáveis nas dimensões ambiental, cultural, econômico e social (BRASIL, 2006, Art. 4º). As práticas atuais do Gramorezinho se alinham com esse princípio, especialmente a partir das recentes mudanças introduzidas pelo Projeto Amigo Verde.

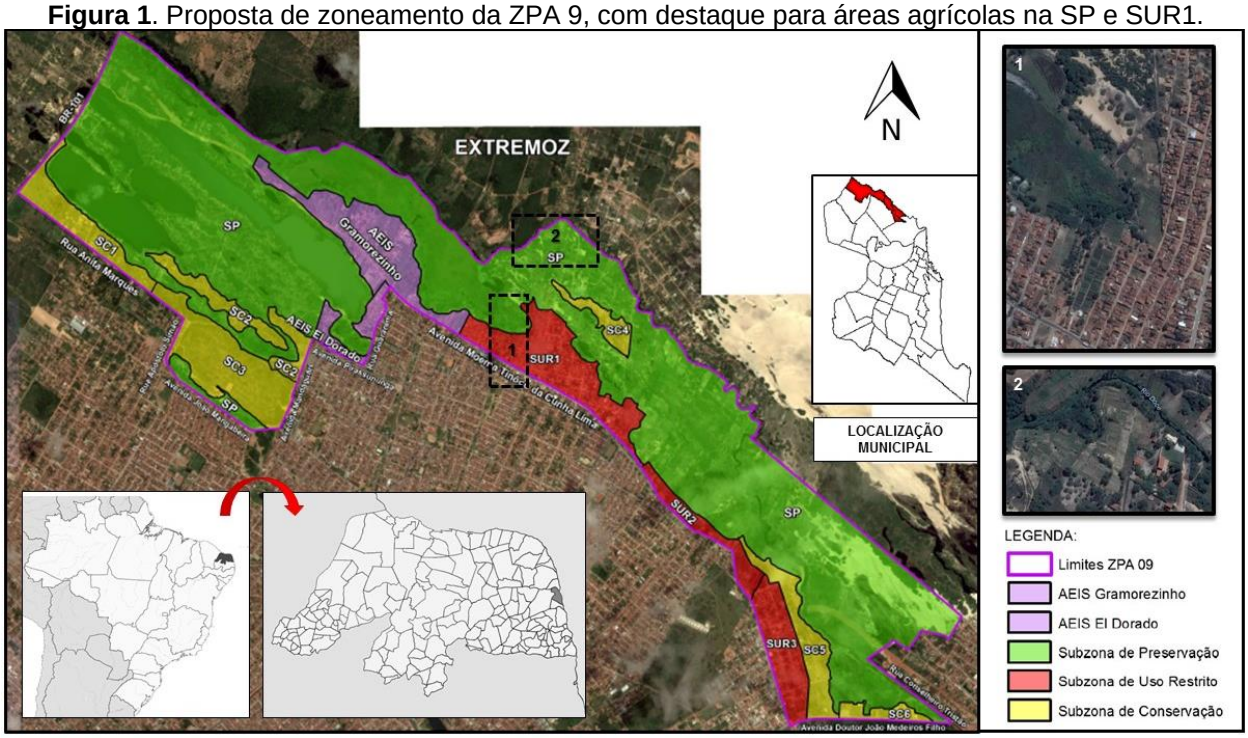
Durante muito tempo, a produção agrícola no local ocorreu de modo convencional, ou seja, utilizando agrotóxicos e a prática da monocultura. Contudo, o assentamento se insere em uma Zona de Proteção Ambiental, a ZPA 9, denominada "ecossistema de lagoas e dunas ao longo do Rio Doce", também estabelecida no PDN2007. De acordo com o Plano, as ZPAs são áreas cujas "características do meio físico restringem o uso e a ocupação, visando a proteção, manutenção e recuperação dos aspectos ambientais, ecológicos, paisagísticos, históricos, arqueológicos, turísticos, culturais, arquitetônicos e científicos" (NATAL, 2007, Art. 17). O conflito resultante da utilização do modo convencional para a produção agrícola com a necessidade de proteção ambiental motivou a criação do Projeto Amigo Verde que consiste numa parceria entre o Ministério Público do RN, a SEMURB, a EMATER/RN e o SEBRAE/RN, contando com o patrocínio da Petrobrás em sua fase inicial, e tem como objetivo a reconversão da produção local para o modo orgânico. Para isso, os produtores têm recebido assistência técnica, relacionada ao cultivo e à comercialização dos produtos e, até o momento, cerca de 30 agricultores já receberam o selo de produção orgânica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de acordo com informações do Ministério Público (2014).

Apesar de a AEIS do Gramorezinho não ter sido regulamentada, nem delimitada no mapa que localiza assentamentos precários de Natal no PDN 2007[7], um perímetro para esta foi sugerido dentro da proposta de zoneamento constante no projeto de regulamentação da ZPA 9, que se encontra em processo de discussão. A proposta foi desenhada de acordo com o que prescreve o PDN2007, tendo sido a ZPA dividida em três tipos principais de subzonas: Subzona de Preservação (SP), Subzona de Conservação (SC) e Subzona de Uso Restrito (SUR), sendo esta última aquela que admite maior flexibilização nas prescrições. Além disso, integram o zoneamento a AEIS do Gramorezinho e a AEIS Eldorado. Contudo, conforme é possível verificar na Figura 1, há algumas áreas produtivas que não foram inseridas no perímetro da AEIS do Gramorezinho, estando localizadas na SP e na SUR.

[6] Sobre o tema ver: GRAMOREZINHO: um lugar esquecido por todos. **Tribuna do Norte**. Natal: 08 jul. 2007. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/gramorezinho-um-lugar-esquecido-por-todos/46293>. Acesso em: 23 maio 2016.

[7] Anexo II, Mapa 04, da Lei Complementar nº 082/2007

Figura 1. Proposta de zoneamento da ZPA 9, com destaque para áreas agrícolas na SP e SUR1.



Fonte: mapa do zoneamento adaptado de SEMURB, 2015; imagens áreas do Google Maps, 2016.

Analisando o projeto de lei, verifica-se que, em relação aos usos permitidos ou proibidos na SP, não se faz menção à atividade agrícola. Já na SUR1, adotam-se coeficientes que caracterizam áreas tipicamente urbanas, como por exemplo: lotes mínimos de 200 m², taxa de ocupação máxima de 80% e coeficiente de aproveitamento máximo equivalente a 0,6. Nesse caso, as áreas produtivas que se inserem na subzona não serão diretamente afetadas, uma vez que elas se enquadram no que prescreve a lei, apesar de destoarem bastante do padrão de parcelamento estabelecido: as áreas dos terrenos superam em muito a área de 200m², as taxas de ocupação tendem a ser bem menores que os 80% permitidos, uma vez que as edificações ocupam pequena parte da área total, sendo a restante destinada ao cultivo e, consequentemente, o aproveitamento também tende a ser menor do que o máximo previsto. Além disso, é importante ressaltar que a legislação, quando não estabelece limites para o desmembramento dos lotes, pode abrir a possibilidade para que as glebas produtivas ali existentes sejam subdivididas e passem a abrigar atividades tipicamente urbanas, sem atividade produtiva, contribuindo para alterações na configuração espacial de áreas próximas ao Gramorezinho e, por conseguinte, do modo de vida do próprio assentamento.

5. CONCLUSÃO

Conforme foi discutido, havendo diversas matrizes interpretativas para o conceito de agricultura urbana, mas aquela que tem prevalecido nas análises é aquela que analisa a questão ambiental sob uma ótica técnica e econômica, ignorando temas como a desigualdade social e suas relações com o meio ambiente. Sendo assim, as demandas sociais implicadas na prática da agricultura urbana e periurbana são relegadas e os conflitos que emergem quando a prática é confrontada com

a necessidade de proteção ambiental podem fragilizar ainda mais as áreas produtivas, já bastante ameaçadas pelo processo de urbanização.

No caso da comunidade agrícola do Gramorezinho, observa-se um avanço em relação ao reconhecimento do interesse social, uma vez que a proposta de regulamentação da ZPA inclui um perímetro para a AEIS de Segurança Alimentar do Gramorezinho. Além disso, o Projeto Amigo Verde, que visa a reconversão da produção para o modo orgânico, atesta a possibilidade de continuidade da atividade agrícola com baixos impactos ambientais. Contudo, discute-se se a metodologia adotada para a delimitação das subzonas, que não observou plenamente as configurações socioespaciais do lugar, uma vez que algumas áreas produtivas, foram inseridas nas Subzonas de Preservação (SP), sem que fosse especificada a permissividade de atividade agrícola nesta subzona, mesmo com restrições. Dessa forma, sugere-se a revisão do perímetro da AEIS ou a inclusão, no texto do projeto de lei da ZPA, da permissividade da atividade agrícola na SP, observando critérios condizentes com a proteção do meio ambiente.

A regulamentação da AEIS também se faz necessária e urgente, tendo em vista que a área se encontra ameaçada por interesses imobiliários relacionados ao avanço do processo de ocupação do lugar e à exploração turística do seu potencial cênico-paisagístico – o Gramorezinho se localiza às margens de uma via (Avenida Moema Tinoco) que interliga o litoral norte e sul da Região Metropolitana de Natal, estando, portanto, no eixo turístico Norte do município, o que desperta forte interesse imobiliário.

A permanência da população do Gramorezinho no lugar em que se insere é importante não apenas do ponto de vista ambiental (como uma forma de reduzir as emissões de CO_2 ou de ampliar as áreas verdes na cidade, como muito se discute quando o tema da agricultura urbana é abordado), e como uma maneira de promover a segurança alimentar e nutricional. Mais que isso, o direito à permanência e à continuidade da produção agrícola é o direito de reproduzir um modo de vida singular, que mescla elementos do urbano e do rural, mas que guardam costumes e hábitos que resistem frente ao avanço da urbanização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, Henri. **A duração das cidades**: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. Rio de Janeiro: DP & A CREA-RJ, 2001.

ALMEIDA, Daniela; COSTA, Heloísa. Agricultura urbana: uma aproximação possível entre a questão ambiental e a questão urbana. In: SEMINÁRIO APP URBANA, 2014. **Anais...**Belém do Pará, 2014.

BRASIL. **Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: 2000.

_____. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: 2012.

LEFEBVRE, Henri. **O direito à cidade**. 4.ed. São Paulo: Centauro, 2006.

LIMONAD, Ester. Urbanização dispersa mais uma forma de expressão urbana. In: **Revista Formação**, n. 14 v. 1, p. 31-45, 2006.

MAIA, Doralice Sátyro. Hábitos rurais em vidas urbanas. In: DAMIANI, Amélia Luisa; CARLOS, Ana Fani Alessandri; SEABRA, Odette Carvalho De Lima. **O espaço no fim do século**: a nova raridade. São Paulo: Contexto, 1999. p. 214 – 220.

MONTE-MÓR, Roberto Luís. A cidade e o urbano. IN: BRANDÃO, Carlos Antônio Leite (Org.). **As cidades da cidade**. Minas Gerais: UFMG; IEAT, 2006. p. 185 – 197.

NATAL. **Lei complementar nº 082, de 21 de junho de 2007**. Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal e dá outras providências. Natal: DOMNatal, 2007.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2014.

SEMURB. Proposta de regulamentação da Zona de Proteção Ambiental 9 (Ecossistema de Lagoas e Dunas ao longo do Rio Doce). Natal. 31 mar. 2016. 73 slides. Disponível em: <http://natal.rn.gov.br/semurb/paginas/ctd-1120.html>. Acesso em: 01 abr 2016.

_____. Lagoa Azul. In:_____. **Natal: meu bairro, minha cidade**. Natal: SEMURB, 2009.

SILVA, José Graziano da. O novo rural brasileiro. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 7(1), p. 43-81, 1997.

ZAAR, Miriam Hermi. Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen y expansión. Biblio 3W. **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de octubre de 2011, Vol. XVI, nº 944. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-944.htm>. Acesso em: 11 jun. 2016.

253. EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS EXTERIORES EN EL CONTEXTO COMPLEJO DE LAS CIUDADES TROPICALES. *APP-SURVEY BARRANQUILLA*

VILLADIEGO, Kattia[*1](katth27@hotmail.com; kvilladi1@cuc.edu.co);*
TAPIAS, Estefania[2] (tapias@arch.ethz.ch)
[1] *Faculty of Architecture - University of the Coast (CUC), Colombia*
[2] *Zurich and Chair of Information Architecture (ETH), Zurich, Switzerland.*

**Autor correspondente*

RESUMEN
El confort térmico en espacios exteriores es de particular relevancia en las ciudades tropicales dado el alto impacto del clima en la calidad de vida de los ciudadanos. Para preparar estas ciudades se requiere más y mejor información. No obstante, la escasez de recursos técnicos y económicos dificulta esta labor. Teniendo como caso de estudio la ciudad de Barranquilla, en Colombia, estudiamos alternativas para la obtención de datos para evaluar el confort térmico en exteriores paleando las dificultades del trabajo de campo in-situ. Como resultado desarrollamos una aplicación para teléfono celular (app) que nos permitió recolectar datos sobre la percepción del confort en diferentes puntos de la ciudad. La cantidad y pertinencia de los mismos fueron analizados con métodos estadísticos. La información recolectada tanto del proceso como de la aplicación nos permite avanzar en la construcción de métodos científicos adaptados a estos contextos complejos motivando así el diseño urbano adaptado al clima.
Palabras claves: clima tropical, confort térmico, App Survey, Barranquilla.

ABSTRACT:
Thermal comfort in outdoor spaces is highly relevant in tropical cities given the high impact of climate on the quality of life of citizens. More and better information is required to prepare these cities. However, the lack of technical and economic resources makes this work difficult. We studied alternatives to obtain data to evaluate the thermal comfort in exteriors, taking as a case study the city of Barranquilla, in Colombia. Thus, we developed a method using a smartphone Application that allowed us to collect data about thermal sensation. In this paper, we analyze the quantity and pertinence of data collected with statistical methods. This information allows us to advance in the construction of scientific methods to study thermal comfort adapted to these complex contexts.
Keywords: Tropical climate, thermal comfort, App Survey, Barranquilla.

1. INTRODUCCIÓN

El Panel Intergubernamental de expertos en cambio climático (IPCC) ha confirmado el irreversible cambio en las condiciones climáticas globales del planeta (IPCC, 2014). Dentro de las inquietudes de los expertos, el confort térmico preocupa por la probabilidad de un aumento de frecuencia en las olas de calor, que puede convertirse en un grave y mortal problema de salud pública. Los países tropicales en vía de desarrollo, son los que sufrirán con mayor rigor las consecuencias del cambio climático y los asentamientos urbanos de la población menos favorecida será la más afectada (IPCC, 2014; Oke, Taesler, & Olsson, 1990). En consecuencia, el diseño urbano debe integrar el concepto de *urban 'climate-sensitive' design* (Emmanuel, 2005); definido como un proceso que considera los elementos fundamentales del microclima con el propósito de generar espacios

urbanos adaptados a esas condiciones y proveer el confort térmico a los ciudadanos. Diversos estudios resaltan la importancia del estudio del confort térmico en espacios exteriores para mejorar las condiciones de confort de los ciudadanos, por razones sociales, económicas y ambientales (Mishra & Ramgopal, 2013; Chen & Ng, 2012; Dalman, et al., 2011; Honjo, 2009; Emmanuel, 2005; Nikolopoulou, Baker, & Steemers, 2001).

En los países en vía de desarrollo, las autoridades locales carecen de recursos y de motivación para impulsar este tipo de estudios. Para validar los modelos de predicción del confort térmico en espacios exteriores, son necesarios los datos de sensación térmica efectiva. Esta información se recolecta principalmente a través de encuestas de terreno. La utilización de equipos bio-meteorológicos y meteorológicos durante la recolección de datos (encuesta) permite analizar las condiciones físicas y microclimática que acompañan el voto de sensación térmica o respuesta del encuestado. Los datos de sensación térmica se necesitan para la validación de modelos de predicción del confort térmico, como el *PET - Physiologically Equivalent Temperature* (Höppe, 1999), para ayudar a los urbanistas y diseñadores urbanos a comprender la relación entre el ser humano, el microclima y confort térmico en espacios exteriores y para orientar las políticas e intervenciones urbanas con un énfasis en la adaptación al cambio climático, lo cual está estrechamente ligado al desarrollo urbano sostenible.

El objetivo principal de este artículo es explorar un modelo de *app survey* como metodología alternativa para la recolección de datos sobre la sensación térmica disminuyendo las dificultades del trabajo de campo, tomando como caso de estudio la ciudad de Barranquilla, al norte de Colombia. Así mismo, estudiar su eficacia y eficiencia para detectar fortalezas, desventajas y presentar las lecciones aprendidas que permitan mejorar a futuro las herramientas de este tipo. Sus resultados se presentan desde el punto de vista crítico como una contribución metodológica. Al mismo tiempo, se aportan datos que permiten ampliar el estado del arte y contribuir a futuras investigaciones.

2. MATERIALES AND MÉTODOS

2.1 PRESENTACIÓN DE BARRANQUILLA COMO ÁREA DE ESTUDIO

Colombia es un país sudamericano, ubicado entre el Mar Caribe y el Océano Pacifico, en plena Zona de convergencia intertropical - ZCIT. Una de sus ciudades más importantes es Barranquilla (Fig. 1). Según el último censo nacional que data del año 2005, la ciudad contaba con una población de 1,146,498 habitantes (DANE, 2005). El Departamento Nacional de estadísticas – DANE estimó que en el 2016 la población seria de 1,223,616 habitantes. La ciudad se localiza al norte del país a 10º 59' latitud norte y 74º 47' longitud este de Greenwich, a solo 15 Km del Mar Caribe y en la rivera noreste del Rio Magdalena. Según el sistema de clasificación climática de Köppen, su clima se clasifica como tropical de sabana (Aw). La temperatura promedio es de 27ºC con una temperatura mínima de 24ºC y una máxima de 34ºC. La humedad relativa es en promedio anual de 80% y recibe los vientos Alisios desde el noreste entre los meses de diciembre y febrero con un promedio anual de 4m/s.

Fig. 1: Localización de Barranquilla en Sudamérica y Colombia



Fuente: Elaboración propia.

2.2. DEFINICIÓN DEL APP SURVEY

Villadiego (2014) y Villadiego y Velay-Dabat (2014) exponen las dificultades encontradas al abordar el tema del confort térmico en ciudades como Barranquilla. Entre esas dificultades se encuentran: ausencia de estaciones meteorológicas a la escala microclimática (*Urban Canopy Layer*), falta de sensibilidad e interés frente al tema y la inseguridad que dificulta especialmente las salidas de campo. Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, las aplicaciones para celular (Apps) se perfilaron como un instrumento potencialmente eficaz para solventar estos problemas. En primer lugar, Colombia se encuentra entre los países con mayor número de usuarios de *Smartphones* (Ericsson ConsumerLab, 2015). En segundo lugar, las Apps han adquirido importancia tanto para propósitos comerciales como los usos institucionales (Zydney & Warner, 2016).

Para definir el contenido de la encuesta, que denominamos App survey, nos remitimos al cuestionario propuesto por Villadiego (2014), el cual a su vez se basa en la norma ISO 7730 (2005), ASHRAE standard (2004) y Nikolopoulou & Lykoudis (2006). El cuestionario recoge información sobre las características fisiológicas de los individuos (edad, sexo, altura, peso y lugar de origen). La actividad y vestimenta al momento de responder las preguntas también son tenidas en cuenta. El cuerpo de la encuesta comprende preguntas sobre la sensación térmica para la cual se utilizó la escala de 7 puntos de ASHRAE. También se encuestó sobre la percepción de la humedad, el viento y la radiación solar. Se preguntó sobre el grado de satisfacción y la preferencia usando una escala simétrica de tres puntos (McIntyre, 1980). Al cuestionario de referencia se agregó una pregunta sobre la percepción general del confort térmico.

La extensión del formulario fue definida en función de la ergonomía del Smartphone y el tiempo requerido para responder. Se delimitó la población objetivo a los estudiantes de la Universidad de la Costa – CUC y se focalizó el trabajo en el sistema Android puesto que este es el sistema más

utilizado por la población seleccionada. La interfaz de la App se estructuró en tres secciones: identificación, descripción fisiológica y respuestas de sensación térmica. El diseño de la app permite llenar el cuestionario en menos de un minuto. Se asumió que cada participante ingresaría una vez al día. Por otro lado, teniendo en cuenta la documentación especializada consultada, se asumió que los usuarios estarían en reposo o en actividad moderada (máximo caminando lentamente, lo que equivale a 3 met = 180 W/m^2) y que los valores de aislamiento térmico no superarían 0.5 clo (vestimenta de verano). Durante la prueba piloto se identificó un error en la activación del GPS y problemas con el servidor utilizado. Por otro lado, se presentaron dificultades en la organización de los reportes. Con esta primera experiencia se pasó a diseñar la versión final desarrollada con un equipo profesional en el diseño de Apps.

2.3 IMPLEMENTACIÓN DEL APP SURVEY

De acuerdo al universo de estudio (6626 estudiantes de la jornada diurna de la Universidad de la Costa – CUC) se estableció que la muestra representativa de 364 participantes. Con esta meta se desarrolló una estrategia de comunicación basada en tres ejes: workshop, redes sociales y sensibilización directa. La recolección de datos se concibió a modo de competición que se denominó Maratón Proyecto Confort y se desarrolló entre los meses de mayo y junio del 2016.

2.4 DATOS DE REFERENCIA

Como referente para contrastar la eficacia de la metodología se tuvieron los datos recolectados por Villadiego (2014) y el trabajo no publicado de Villadiego & Tapias (2015). Ambos trabajos se desarrollaron en Barranquilla, durante la estación seca y utilizaron los mismos referentes para la definición de la encuesta. Teniendo en cuenta las diferencias entre los tres trabajos, se compararon los resultados con los de la App Survey para medir su eficiencia y eficacia y así obtener aprendizajes que nos permitan continuar mejorando las investigaciones. Definimos *eficacia* como la capacidad de lograr los objetivos propuestos en el tiempo previsto y con la calidad deseada. La *eficiencia* por su parte, fue definida como la relación entre el resultado alcanzado y los insumos y recursos utilizados, esto implica la evaluación del proceso (Zabala, 2005; Mokate, 2001). Estos indicadores fueron definidos de la siguiente manera:

Tab. 1: Definición de indicadores

Eficacia		**Eficiencia**	
Logro de objetivos	*Muestra obtenida(MO)/Muestra esperada (ME)*	***Recurso humano***	*Equipo humano requerido (EQ)/ Cantidad de encuestas completas (EC)*
	Cantidad total de encuestas obtenidas(EO)/Cantidad de encuestas esperadas(EE)	***Relación costo y resultado***	*Costo total (CT)/ Cantidad de encuestas completas (EC)*
Logro de calidad	*Cantidad de encuestas completas (EC)/Cantidad total de encuestas obtenidas (EO)*	***Tiempo***	*Tiempo total utilizado(TU)/ Cantidad total de encuestas completas (EC)*
Cumplimiento de tiempo	*Tiempo total utilizado/ Tiempo estimado para la realización*		

Fuente: elaboración propia

Un indicador de calidad igual o superior a 1 (≥1) expresa el logro de resultados y o superación de la meta fijada. Por el contrario, un resultado inferior a 1 (<1).

3. RESULTADOS

Los datos utilizados para calcular los indicadores de eficacia y eficiencia de la App Survey son desglosados en la tabla 2.

Tab. 2: Información primaria para el cálculo de indicadores de eficacia y eficiencia del App Survey

Datos de entrada	App survey **2016**	Villadiego & Tapias **2015**	Villadiego **2014**
Muestra obtenida (MO)	47	577	781
Muestra esperada (ME)	364	400	400
Cantidad total de encuestas obtenidas (EO)	981	577	781
Cantidad de encuestas esperadas (EE)	364	400	400
Cantidad de encuestas completas (EC)	198	577	781
Tiempo real utilizado (TU) horas	30	40	40
Tiempo estimado (TE) horas	30	80	80
Recurso humano (EQ) N° personas	7	7	5
Costo aproximado (CT) US $	5000	1000	1000

Fuente: elaboración propia

3.1 EFICACIA DE LA APP SURVEY FRENTE A LAS ENCUESTAS DE TERRENO

Al analizar los tres estudios frente a los indicadores de eficacia definidos anteriormente, la metodología de trabajo de campo (Villadiego & Tapias, 2015; Villadiego, 2014) presenta mejores resultados en términos de logro de objetivos (representatividad de la muestra), calidad (encuestas completas y correctas) y dedicación en tiempo que la metodología App Survey (Tab. 3). Los estudios de referencia tuvieron muestras que superaron el objetivo inicial (MO/ME 1,44 y 1,95 respectivamente) mientras que el indicador MO/MO para la *App Survey* es de solo 0,13, lo que significa que no logro la meta de participantes para la representatividad de la muestra.

Tab. 3: Indicadores de eficacia de la metodología App Survey comparada con los estudios de referencia

Indicadores de eficacia	**Objetivos**		**Calidad**	**Tiempo**
Referencias	MO/ME	EO/EE	EC/EO	(TU/TE)
	Muestra obtenida/Muestra esperada	*Encuestas obtenidas/ Encuestas esperadas*	*Encuestas completas/ Encuestas obtenidas*	*Tiempo real utilizado-horas/ Tiempo estimado-horas*
App survey, 2016	0,13	2,70	0,20	1
Villadiego & Tapias, 2015	1,44	1,44	1,00	2
Villadiego, 2014	1,95	1,95	1,00	2

Fuente: Elaboración propia

La App Survey supera a los estudios de referencia en el número de encuestas obtenidas respecto al de encuestas esperadas (EO/EE = 2,70 para la App Survey frente a 1,44 y 1,95 para los estudios de referencia); no obstante, este dato no puede analizarse de manera aislada, puesto que el indicador de calidad que mide la conformidad del producto muestra que la App Survey obtiene un índice de solo 0,20. Esto significa que aunque se obtuvo un gran número de formularios de encuesta, solo el 20% estaba completo y pudieron ser explotados. Por el contrario, el índice de calidad de los estudios de referencia indica que se obtuvo un 100% de formularios completos.

3.2 EFICIENCIA DE LA APP SURVEY FRENTE A LAS ENCUESTAS DE TERRENO

En cuanto a la eficiencia de la App survey frente a los estudios de referencia, se obtuvo que el recurso humano, el recurso económico y el tiempo requerido para obtener una encuesta completa fueron superiores en el App Survey que en los estudios de referencia. Sin embargo, se observa que un solo parámetro, cantidad de encuestas completas, fue el que determinó este rendimiento (Tab. 4). Esto indica que, las ventajas esperadas en términos de cobertura de la App Survey se cumplirían si se establece la estrategia adecuada para controlar la regularidad y la motivación de los participantes. Además de la influencia del usuario en la recolección de datos, se reportaron problemas al momento de enviar los formularios al servidor. Esto explica la cantidad de encuestas incompletas. Al presentarse errores en el ingreso y envío de datos se impacta en la motivación de los usuarios de la App y por consiguiente se impacta en los resultados. Si se logra superar estos dos aspectos la metodología podría evolucionar para cumplir su objetivo inicial y también ampliar la cobertura a nivel regional o nacional.

Tab. 4: Indicadores de eficiencia de la metodología App Survey comparada con los estudios de referencia

Indicadores de eficiencia	**Recurso humano**	**Costo**	**Tiempo**
Referencias	(EQ/EC)	(CT/EC)	(TU/EC)
	Recurso humano/Encuestas completas	*Costo/ Encuestas completas*	*Tiempo real utilizado-horas /Encuestas completas*
App survey, 2016	0,04	166,67	0,15
Villadiego & Tapias, 2015	0,01	25,00	0,07
Villadiego, 2014	0,01	25,00	0,05

Fuente: elaboración propia

3.3 PERCEPCIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO SEGÚN LOS USUARIOS DE LA APP SURVEY

3.3.1 Voto de sensación térmica

Se analizaron los resultados de manera global y se compararon con los resultados publicados por Villadiego & Velay-Dabat (2014). A la pregunta ¿qué siente usted en este momento con respecto a la temperatura? el voto o respuesta de sensación térmica predominante fue “0; Ni frio, ni calor” (31,82%). Las respuestas relacionadas con la sensación de calor (Un poco de calor = 1; Calor = 2; Mucho Calor = 3) obtienen 19,7%; 15,1% y 13,6% respectivamente, lo cual en conjunto suma el 48.5% de las respuestas. El porcentaje de respuestas indicando sentir “-1; un poco de frio” es de 14,6%, mientras que las respuestas que indican sensación de “-2; frio” o “-3, mucho frio” solo suman el 0,05% del total de respuestas (Tab. 5).

Tab. 5: Frecuencia para P21 - ¿qué siente usted en este momento con respecto a la temperatura?

			Frecuencia	*Frecuencia*	*Frecuencia*
Clase	*Valor*	*Frecuencia*	*Relativa*	*Acumulada*	*Rel. acum.*
Mucho frío	-3	5	0,0253	5	0,0253
Frio	-2	5	0,0253	10	0,0505
Un poco de Frio	-1	29	0,1465	39	0,1970
Ni frio, ni calor	0	63	0,3182	102	0,5152
Un poco de calor	1	39	0,1970	141	0,7121
Calor	2	30	0,1515	171	0,8636
Mucho Calor	3	27	0,1364	198	1,0000

Fuente: elaboración propia

Estas respuestas concuerdan con los resultados de Villadiego (2014), en donde la sensación térmica predominante fue “0; Ni frio, ni calor” con un porcentaje de 38,4%. Así mismo, las sensaciones ligadas al calor obtuvieron mayores resultados que las de frio (38,7% contra 23%). En ambos estudios, las frecuencias de respuestas indicando una sensación de “-1; un poco de frio” es de 14,6%. En cuanto al grado de satisfacción respecto a la sensación térmica, las respuestas son poco contundentes. El 33,84% de respuestas indican “insatisfacción” frente a un 28,28% de respuestas de “satisfacción”. No obstante, el porcentaje de respuestas indicando una condición neutra es superior a los otros dos con 37,88%. La respuesta de sensación térmica presenta una relación estadísticamente significativa con la respuesta sobre el nivel de satisfacción con un nivel de confianza del 95,0%. En este caso, la sensación térmica explica con un r^2=*54,8%* la satisfacción. La ecuación del modelo ajustado utilizada es: P22 = -1,40004 + 0,803236*P21 (Tab. 6).

Tab. 6: Análisis de Varianza, Sensación Térmica/satisfacción

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Modelo	268,281	1	268,281	237,64	0,0000
Residuo	221,275	196	1,12895		
Total (Corr.)	489,556	197			

Fuente: elaboración propia

El mismo análisis se realizó con la variable preferencia. Las respuestas en este caso fueron contundentes. El 60,61% de las respuestas indican la preferencia “más fresco”; el 38,89% de las respuestas fueron por “igual, sin cambio”; mientras que solo el 0,51% de las respuestas indicaron “más calor.” Al establecer la relación entre la variable sensación térmica y preferencia se obtuvo un r^2= 28,67% el cual implica una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0% (Tab. 7). Existe también una relación entre las variables “preferencia” y “grado de satisfacción” con un r^2=18,3%; esta relación es significativa pero débil (Tab. 8).

Tab. 7: Análisis de Varianza, Sensación Térmica/Preferencia

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Modelo	48,6166	1	48,6166	60,81	0,0000
Residuo	156,702	196	0,799498		
Total (Corr.)	205,318	197			

Fuente: elaboración propia

Tab. 8: Análisis de Varianza, preferencia/ Satisfacción

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Modelo	37,5962	1	37,5962	43,93	0,0000
Residuo	167,722	196	0,855724		
Total (Corr.)	205,318	197			

Fuente: elaboración propia

Al asociar el análisis sobre el grado de satisfacción a la preferencia, se puede concluir que los usuarios de la App Survey no se encuentran en estado de confort óptimo. Estos no están ni satisfechos, ni insatisfechos, pero claramente preferirían otras condiciones. Esto va en la misma línea de Villadiego & Velay-Dabat (2014) en donde pese a que 64% de encuestados indicaron estar satisfechos con la sensación térmica, el 55% manifestó que preferiría estar bajo temperaturas más frescas. Los autores señalan que la adaptación y la expectativa pueden explicar esta situación tal como lo sugieren otros estudios (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006).

3.3.2 Percepción global del confort térmico

A diferencia de Villadiego & Velay-Dabat (2014), la App Survey incluyó una pregunta para evaluar globalmente el confort térmico. Al respecto, 59,18% de respuestas apuntaron a la opción "inconfortable" y 40,82% a la opción confortable. Esto confirma que una sensación térmica "0, neutro" no implica un estado de confort. En el estudio realizado por Zambrano, Malafaia, & Bastos (2006) en una plaza pública en Rio de Janeiro (Brasil) encontraron que la sensación térmica global predominante estuvo entre "0, Neutro" y "1; un poco de calor". Además, los encuestados en su mayoría se sentían satisfechos y en estado de confort. Los autores advierten que estos resultados no pueden concluir que el espacio exterior estudiado no presente problemas dado que en el análisis que hicieron punto a punto de encuesta se revelan inconformidades que no pueden desestimarse. En este sentido, Djongyang, Tchinda, & Njomo (2010) señalan que las condiciones psicológicas de los individuos que se expresan satisfechos con el ambiente térmico son demasiado diversas para poder ser consideradas en los trabajos de campo basándose solo en estándares como la ASHRAE.

Tab. 9: Frecuencia de votos de confort térmico global

			Frecuencia	*Frecuencia*	*Frecuencia*
Clase	*Valor*	*Frecuencia*	*Relativa*	*Acumulada*	*Rel. acum.*
Inconfortable	-3	116	0,5918	116	0,5918
Confortable	1	80	0,4082	196	1,0000

Para obtener mayor información es preciso resolver los problemas técnicos de registro y captura de la información en la App Survey, especialmente lo concerniente a la geolocalización del usuario. Sin embargo, es posible con los resultados de ambos estudios advertir sobre las condiciones inconfortables del espacio exterior en Barranquilla.

3.3.3 Percepción de la humedad

A la pregunta ¿qué siente usted en este momento con respecto a la humedad?, los usuarios registrados en la App respondieron en la mayoría de los casos (57,22%) sentir el ambiente ni húmedo ni seco, es decir, "0; normal." Las opciones que indican una sensación de humedad (-3, muy húmedo; -2, húmedo; -1, un poco húmedo) acumulan el 34,8% de respuestas (8,25%; 14,95% y 11,86% respectivamente). El porcentaje de respuestas que indican un ambiente seco no supera el 8% (Tab. 10). Las respuestas son consistentes con las respuestas de sensación térmica. Los resultados coinciden con Villadiego & Velay-Dabat (2014) en cuanto al porcentaje predominante de

votos de percepción “0; normal.” Los dos trabajos difieren en cuanto el segundo mayor porcentaje en Villadiego & Velay-Dabat (2014) fue para las respuestas indicando una atmosfera percibida como seca. Esto puede ser explicado por las condiciones climáticas existentes en el momento de responder la encuesta. Para el caso de la App Survey, desarrollada entre mayo y junio, efectivamente la humedad relativa registrada en Barranquilla es superior o igual al 80% y las precipitaciones son entre 91 y 104 mm; mientras que, en el mes de enero, fecha del trabajo de campo Villadiego & Velay-Dabat (2014) de la humedad no supera los 78% y las precipitaciones de 5mm.

Tab. 10 Frecuencia para la percepción de la humedad

			Frecuencia	*Frecuencia*	*Frecuencia*
Clase	*Valor*	*Frecuencia*	*Relativa*	*Acumulada*	*Rel. acum.*
Muy húmedo	-3	16	0,0825	16	0,0825
Húmedo	-2	29	0,1495	45	0,2320
Un poco húmedo	-1	23	0,1186	68	0,3505
Normal	0	111	0,5722	179	0,9227
Un poco seco	1	6	0,0309	185	0,9536
Seco	2	6	0,0309	191	0,9845
Muy seco	3	3	0,0155	194	1,0000

Fuente: elaboración propia

La respuesta que sobresale con respecto al nivel de satisfacción con la humedad percibida es la neutra con 64,43%. El porcentaje de respuestas mostrando insatisfacción es superior al de respuestas de satisfacción (25,77% frente a 9,79%). Al preguntar cómo preferiría sentir la humedad, el 61,34% de respuestas indican no querer ningún cambio. 26,80% de individuos preferiría un ambiente más seco y el 11,86% lo preferiría más húmedo. El porcentaje de satisfacción con la humedad encontrado en Villadiego & Velay-Dabat (2014) fue del orden de 63% y la mayoría de encuestado no quisiera ningún cambio. Estas respuestas se aproximan mucho con el del App Survey. Villadiego & Velay-Dabat (2014) encontró una ambigüedad en las respuestas sobre la humedad por lo que sugiere que los encuestados podrían no tener claridad sobre el concepto de humedad. Esta ambigüedad no se presenta en los resultados del App Survey, esto puede ser debido a que la población objetivo presenta un nivel de formación alto (estudiantes universitarios) y a que en la App Survey, el usuario al no tener la presencia del encuestador dispone del tiempo para reflexionar sus respuestas.

Al correlacionar los tres factores (percepción, satisfacción y preferencia) se obtiene una relación más fuerte entre la percepción de la humedad y la preferencia (r^2= 40,4748) que entre la percepción y la satisfacción (r^2= 16,9162), pero en ambos casos la relación existe. Entre la percepción y la satisfacción existe una relación estadísticamente significativa, pero débil (r^2= 23,97).

4. CONCLUSIONES

Adoptar medidas para combatir el cambio climático y sus efectos es uno de los principales objetivos de la agenda del desarrollo sostenible. El voto de sensación térmica es un dato indispensable para el diseño y construcción de modelos predictivos del confort térmico. Esto permite orientar las decisiones en materia de políticas urbanas de adaptación al cambio climático. También aporta datos para la investigación en otros campos como la sociología urbana y la biometeorología médica ligados al desarrollo sostenible y cambio climático. Este artículo presenta una alternativa metodológica para la realización de encuestas sobre sensación térmica a través del uso de una App Survey. Este método presenta como fortaleza la posibilidad de llegar a un mayor número de

individuos y de votos de sensación térmica por persona y durante un periodo superior al que es posible realizar en campo. No obstante, en el análisis, se encontró que un solo factor (cantidad de encuestas completas) puede llegar a afectar el total rendimiento y cumplimiento de objetivos planteados.
En este sentido, lograr la motivación intrínseca de los participantes se constituye como el factor crítico de éxito para la implementación de la App Survey. Para ello, se requiere una estrategia fuerte que impulse a participar con la regularidad deseada teniendo como única recompensa el haber participado. Pese a que se desplegaron diversas acciones de publicidad y sensibilización estos resultaron insuficientes. Los premios materiales, la sensibilización realizada vía redes sociales y la aproximación directa a los participantes son estrategias que deben reforzarse. La investigación muestra que la población objeto (jóvenes estudiantes universitarios) esta poco familiarizada con la problemática de confort térmico, cambio climático y desarrollo sostenible. Por ende, tampoco reaccionan de manera intrínseca frente a esta. Una estrategia posible es dirigir el trabajo a un número reducido de participantes al que se le pueda hacer seguimiento durante un periodo de tiempo prolongado, como se hizo durante la prueba piloto. Otra alternativa es concentrar la atención en la obtención del máximo posible de usuarios acortando la duración de la captura de datos.

Por otro lado, las fallas en el servidor y en la misma App, tienen como consecuencia la pérdida de datos e influyen en el comportamiento de los usuarios. Cuando el usuario experimenta dificultades técnicas tiende a perder la motivación y por consiguiente su regularidad en el proyecto. Además de resolver los problemas técnicos, otra lección aprendida es que la App Survey debe tener un componente lúdico que atraiga a los usuarios, especialmente si se enfoca en jóvenes. Además de los aspectos metodológicos se obtuvieron resultados referentes a la sensación térmica en espacios exteriores. La comparación de resultados entre la App Survey y una investigación precedente, muestra que el voto de sensación térmica (“0; neutro, ni frio, ni calor”) coincide en ambos estudios. Además, confirma que pese a este voto neutro no se puede considerar que los participantes se encuentren en un estado de confort térmico óptimo. Esto reafirma el cuestionamiento sobre la calidad del ambiente térmico en Barranquilla para llamar la atención de los actores involucrados.

Resulta imprescindible acentuar los esfuerzos en la sensibilización de los actores, no solo la población objeto sino los entes y organismos involucrados en el diseño urbano y la planificación territorial. Este trabajo va en esa dirección. La investigación sobre el tema en Latino-América es incipiente, pero avanza progresivamente. El trabajo aquí presentado contribuye a construir la hoja de ruta metodológica que facilite la investigación sobre el confort térmico en espacios exteriores en las ciudades latino-americanas, así como aporta datos sobre el voto de sensación térmica para continuar validando los modelos predictivos.

REFERENCIAS

ANSI/ASHRAE Standard 55. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.; 2004.

Chen, L., & Ng, E. (2012). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade. *Cities, 29*, 118–125.

Dalman, M., Salleh, E., Sapian, A., Tahir, M., Dola, K., & Saadatian, S. (2011). Microclimate and Thermal Comfort of Urban Forms and Canyons in Traditional and Modern Residential Fabrics in Bandar Abbas, Iran. *Modern Applied Science, 5*(2), 43-56.

DANE. (2005). *Censo general 2005*. Obtenido de Departamento Nacional de Estadisticas - DANE: wwww.dane.gov.co

Djongyang, N., Tchinda , R., & Njomo, D. (2010). Thermal comfort: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14*(9), 2626–2640. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.040

Emmanuel, R. (2005). *An Urban Approach to Climate Sensitive Design: Strategies for the Tropics.* Londres: E & FN Spon Press.

Ericsson ConsumerLab. (2015). *Ericsson.* (Ericsson, Ed.) Recuperado el 27 de 02 de 2016, de Ericsson Mobility Report: http://www.ericsson.com/res/docs/2015/mobility-report/ericsson-mobility-report-nov-2015.pdf

Honjo, T. (2009). Thermal comfort in outdoor environment. *Global Environment Research, 13*, 43-47.

Höppe, P. (1999). The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology, 43* (2), 71–75.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)].* Geneva, Switzerlan.

ISO 7730 Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Switzerland: ISO; 2005.

McIntyre, D. (1980). *Indoor climate.* London: Applied Science Publishers.

Mishra, A., & Ramgopal , M. (2013). Field studies on human thermal comfort. An overview. *Building and Environment, 64*, 94-106.

Mokate, K. M. (2001). *Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos decir? Serie de Documentos de Trabajo I-24.* New York: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. Recuperado el 25 de Junio de 2016, de http://courseware.url.edu.gt/PROFASR/Docentes/Facultad%20de%20Ciencias%20Pol%C3%ADticas%20y%20Sociales/Gu%C3%ADa%20Docente%20Gerencia%20Social%201/Bibliograf%C3%ADa%20digital/Gu%C3%ADa%203/Unidad%209/MOKATE1.PDF

Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. *Building and Environment, 41*, 1455-1470.

Nikolopoulou, M., Baker, N., & Steemers, K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar Energy, 70*(3), 227–235.

Oke, T., Taesler, R., & Olsson, L. (1990). The Tropical Urban Climate Experiment (TRUCE). *Energy and Buildings, 15/16*, 67-73.

Villadiego, K. (2014). Une Lecture de la forme urbaine et des microclimats: le cas de Barranquilla. *Tesis de doctorado*. Aix en Provence, Francia: Université Aix-Marseille.

Villadiego, K., & Tapias, E. (2015). *Confort térmico en espacios exteriores en Barranquilla: Correlación entre percepción térmica y el índice de confort (PET). Informe final.* Barranquilla. (No publicado): Universidad de la Costa.

Villadiego, K., & Velay-Dabat, M. (2014). Outdoor thermal comfort in a hot and humid climate of Colombia: A field study in Barranquilla. *Building & Environment, 75*, 142-152.

Zabala, W. (2005). Indicadores de gestión. En F. Atehortúa, *Gestión y auditoría de la calidad para organizaciones públicas: normas NTCGP 1000:2004 conforme a la ley 872 de 2003* (págs. 95-110). Medellín: Universidad de Antioquia.

Zambrano, L., Malafaia, C., & Bastos, L. (2006). Thermal comfort evaluation in outdoor space of tropical humid climate. *PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture,.* Geneva, Switzerland: PLEA.

Zydney, J., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & education, 94*, 1-17. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.001

269. ANÁLISE CLIMÁTICA DE CHAPECÓ VISANDO O CONDICIONAMENTO TÉRMICO PASSIVO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: O CASO DO LOTEAMENTO EXPOENTE

BERLEZE, Angélica[*1](angelicaberleze@unochapeco.edu.br); SILVOSO, Marcos*[2] *(silvoso@fau.ufrj.br); BASTOS, Leopoldo*[2](leopoldobastos@gmail.com)*
[1]Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Brasil
[2]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Recentemente foi criado o arquivo climático para Chapecó/SC baseado no ano climático de referência (TRY) e este artigo tem por objetivo as primeiras avaliações utilizando-o. O artigo expõe as características climáticas, avalia os limites de conforto adaptativo e ainda esclarece as estratégias de condicionamento térmico passivo recomendadas para a cidade. Além disso, avalia o desempenho térmico dos fechamentos de uma edificação de baixa renda conforme os critérios das normas de desempenho: NBR 15575 e NBR 15220. A metodologia utilizada foi baseada na comparação das características reais da edificação com os critérios apresentados nas normas e por meio da simulação computacional. Os resultados demonstraram pouca consideração do projeto arquitetônico com as normas utilizadas, uma vez que várias recomendações não foram atendidas. Ao mesmo tempo, o projeto arquitetônico não demostrou preocupações em relação ao clima de Chapecó/SC com vistas a um maior conforto térmico dos usuários.
Palavras-chave: HIS; Desempenho térmico; Condicionamento térmico passivo.

CLIMATE ANALYSIS OF CHAPECÓ AIMING THERMAL CONDITIONING IN SOCIAL INTEREST HOUSING: THE CASE OF THE EXPOENTE

ABSTRACT
Recently the climatic archive for Chapecó/SC was created based on the test reference year (TRY) and this article aims at the first evaluations using it. The article exposes the climatic characteristics, evaluates the limits of adaptive comfort and clarifies the strategies of passive thermal conditioning recommended for the city. In addition, it evaluates the thermal performance of the closures of a low-income building according to the criteria of performance standards: NBR 15575 and NBR 15220. The methodology used was based on the comparison of the real characteristics of the building with the criteria presented in the standards and through of the computational simulation. The results showed little consideration of the architectural design with the norms used, since several recommendations were not met. At the same time, the architectural design did not show any concerns regarding the climate of Chapecó with a view to greater thermal comfort of the users.
Keywords: HIS; Thermal performance; Passive thermal conditioning.

1. INTRODUÇÃO

Estudos tem mostrado que, infelizmente, a construção de interesse social em larga escala não tem como objetivo o conforto térmico de seus moradores e que a qualidade desse tipo de habitação no Brasil ainda é muito baixa. Apesar do grande número de pesquisas envolvendo essas edificações, poucos esforços tem sido praticados visando o conforto térmico dos usuários (LOGSDON,2012; SARAMAGO et al., 2015; SILVA et al., 2013).

Atualmente, o país possui duas normas que trazem diretrizes construtivas para habitações: a NBR 15220/2005 e a NBR 15575/2013. A parte 3 da NBR 15220 versa sobre o zoneamento bioclimático brasileiro, bem como indicações de tamanho de aberturas para ventilação, tipos de vedações externas (transmitância térmica, atraso térmico e fator solar) e indicação de estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social até 3 pavimentos. Já a NBR 15575 estabelece os requisitos e critérios relativos ao desempenho térmico, acústico, lumínico e indicações sobre o método de simulação computacional para edificações habitacionais de até 5 pavimentos.

Em relação ao clima brasileiro, sabe-se que as principais estratégias bioclimáticas a serem aplicadas visando o conforto térmico são a ventilação natural e o sombreamento. A ventilação natural auxilia na diminuição da carga térmica da edificação, favorece as trocas de calor entre o homem e o edifício e auxilia na manutenção da qualidade interna do ar. Por outro lado, o alto número de horas de insolação e a alta carga por radiação solar elencam o sombreamento como a principal estratégia de condicionamento térmico passivo (LAMBERTS et al., 2014).

A Região Sul do Brasil é conhecida por apresentar as estações bem definidas, verões quentes e invernos frios, com possível ocorrência de neve. Dessa forma, além das soluções para o verão, os projetos ainda devem incorporar estratégias bioclimáticas para frio.

Em virtude disso e a fim de melhorar a qualidade das análises envolvendo o clima, foi criado por Berleze (2016) um arquivo climático de base horária (8760 horas), construído com base na metodologia para o ano climático de referência (TRY) de Stamper (1977 apud GOULART et al., 1998), cujo ano típico representativo do clima da cidade resultou no ano de 2011. Dessa forma, as primeiras análises utilizando o arquivo climático serão mostradas neste artigo, bem como as primeiras simulações de desempenho.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi analisar o arquivo climático da cidade de Chapecó/SC e investigar o desempenho térmico de habitações de interesse social, analisando o seu comportamento térmico em relação às normas NBR 15575 e NBR 15220.

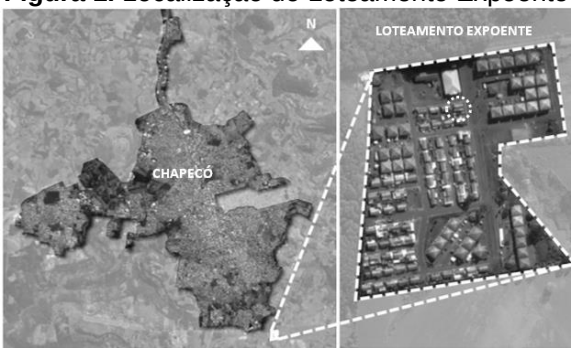
3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 LOCAL DA PESQUISA

O estudo foi realizado na cidade de Chapecó, localizada à oeste de Santa Catarina, Região Sul do Brasil e pertencente a Zona Bioclimática 3 brasileira, segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005b).

O caso escolhido para o estudo foi o Loteamento Residencial Expoente, beneficiário do Programa Minha Casa, Minha Vida, faixa 1 (renda familiar até R$1600), inaugurado em 2011. O conjunto é composto por 470 unidades habitacionais, sendo 336 em edifícios multifamiliares de 2 pavimentos, 128 em residências geminadas térreas e 6 em casas térreas isoladas. A implantação das edificações pode ser vista na Figura 1, bem como a fotografia de uma das edificações geminadas, as quais foram escolhidas para avaliação neste estudo (Figura 2).

Figura 1. Localização do Loteamento Expoente



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2016.

Figura 2. Foto das residências em 2011

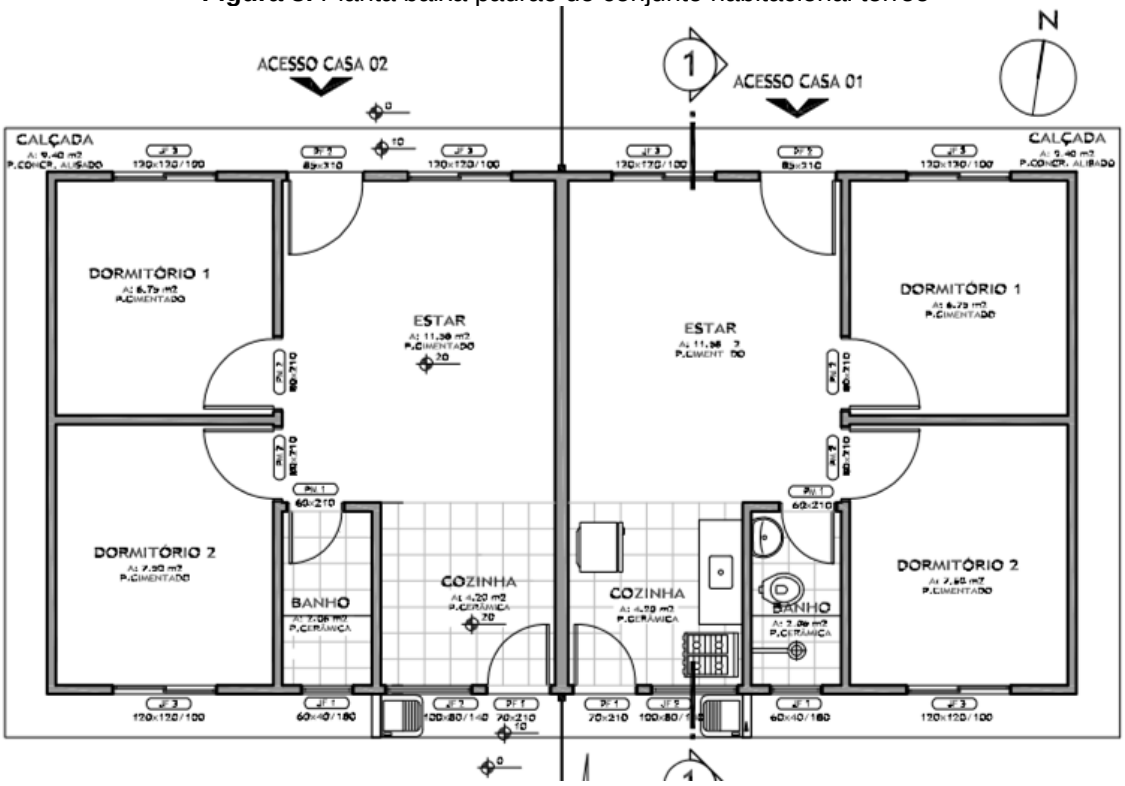


Fonte: Embracol, 2016.

3.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DAS EDIFICAÇÕES

As casas geminadas são térreas e possuem dimensões totais de 6x12 metros e pé-direito de 2,50m, são compostas por duas unidades de moradia com área total de 35,4 m² cada, divididas em 4 ambientes: sala de estar e cozinha integradas, 2 dormitórios e 1 banheiro. A planta baixa da edificação pode ser vista na Figuras 3. Há duas implantações de casas no conjunto, uma com fachada principal voltada a Norte/Sul e outra a Leste/Oeste. Neste trabalho foi avaliada a edificação com fachada Norte/Sul por ser a mais representativa do conjunto.

Figura 3. Planta baixa padrão do conjunto habitacional térreo



Fonte: Embracol, 2016.

As casas foram construídas sobre uma laje do tipo Radier de concreto com espessura de 8 cm e as paredes foram executadas conforme o sistema JetCasa, ou seja, painéis pré-moldados em concreto e blocos de alvenaria cerâmica de 9x19x24 cm assentadas no menor sentido com argamassa de cimento, cal e areia. Os revestimentos de paredes são chapisco e emboço, em ambos os lados com 1 cm de espessura e pintura PVA em duas demãos, totalizando 11 cm de espessura total, tanto para paredes internas quanto externas. A parede entre as unidades de moradia é construída com o bloco de 14 cm de espessura, totalizando uma parede de 16 cm de espessura final. A cobertura possui estrutura em madeira e telhas em fibrocimento de 6 mm e forro interno em PVC. Em relação aos pisos, sala e dormitórios foram executados em cimento desempenado e cozinha e banheiros foram revestidos com piso cerâmico comercial. As portas externas são de aço pintado na cor branca com esquadria em vidro de 4 mm, sem veneziana e as portas internas são em madeira semi-oca. Em relação às esquadrias, são todas em ferro com vidro de 3 mm, sem venezianas. As janelas dos dormitórios e sala de estar possuem dimensão de 1,20 x 1,20 m, divididas em 4 folhas, duas fixas e duas móveis, de correr. A janela da cozinha, também de correr, possui dimensão de 1,0 x 0,80 m e a janela do banheiro, basculante, possui dimensão de 0,60 x 0,40 m.

3.3 MÉTODO

A avaliação do arquivo climático se deu pela análise da temperatura do ar, umidade relativa, direção dos ventos, temperatura neutra e estratégias bioclimática para a cidade, esta última com auxílio do Software Analysis Bio, V2.2.

A avaliação de desempenho da edificação foi realizada por meio da comparação das características reais da edificação com os critérios de desempenho térmico avaliados pelas normas. Com base na NBR 15575, partes 1, 4 e 5, foram verificados os vãos de ventilação e o desempenho térmico de paredes e coberturas e, por último, a simulação computacional. Já com a NBR 15220-3 foram avaliados os vãos de ventilação, o tipo de vedação de paredes e coberturas e as estratégias de condicionamento térmico passivo.

Para a modelagem e simulação computacional foi utilizado o programa DesignBuilder, versão 5.0, utilizando o arquivo climático de Chapecó/SC na extensão *.epw. A modelagem do edifício consistiu na delimitação de 8 zonas térmicas, correspondendo a uma edificação isolada no lote e geminada, ou seja, com duas unidades habitacionais. Cada unidade habitacional contém 4 zonas, 2 dormitórios, 1 banheiro e 1 sala-cozinha. As demais configurações foram baseadas no RTQ-R e NBR 15220-2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

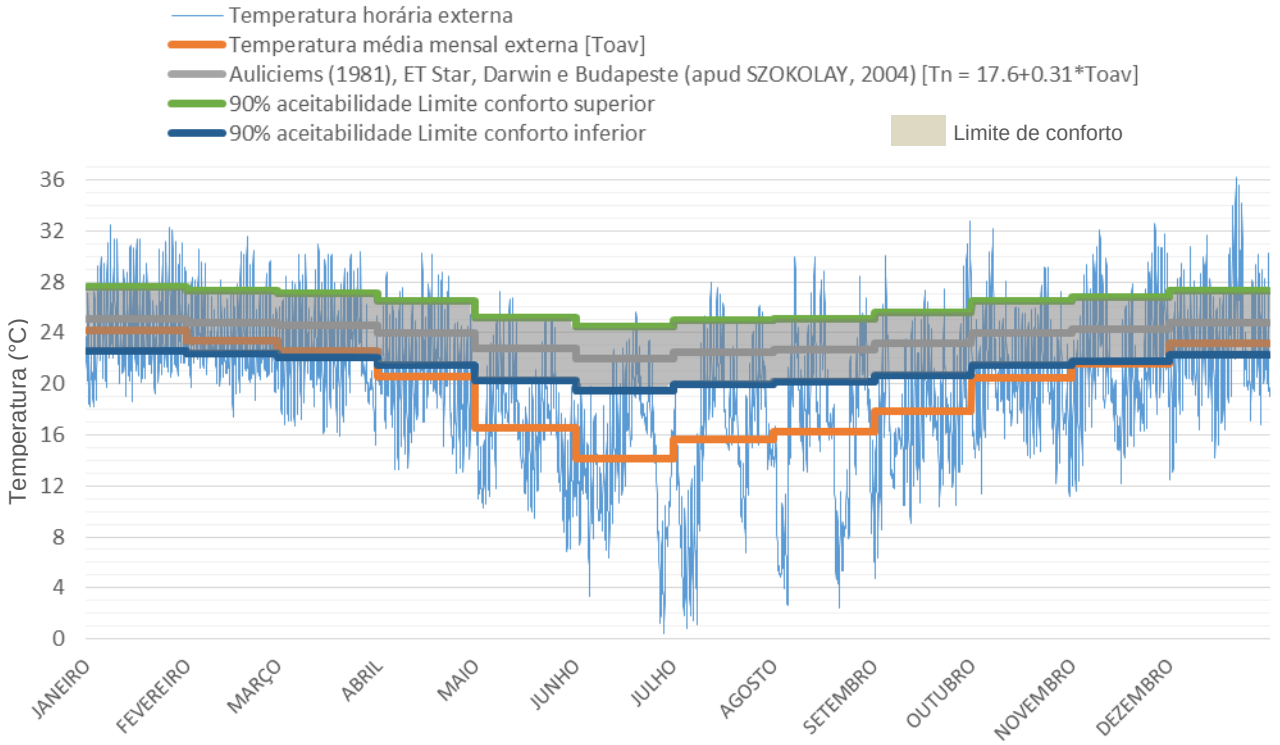
4.1 ANÁLISE CLIMÁTICA DE CHAPECÓ COM BASE NO ARQUIVO CLIMÁTICO TRY

Em relação às temperaturas do ar, a Figura 4 apresenta o gráfico com as temperaturas horárias ao longo do ano típico. A temperatura mais baixa medida no ano de 2011 foi 0,34°C, a mais alta foi de 36,17°C, enquanto que a temperatura média do período foi de 19,68°C. Dessa forma, confirma-se o caráter de clima temperado de Chapecó, com invernos e verões bem definidos.

Em relação aos limites de conforto térmico, sabe-se que o corpo humano participa de um processo adaptativo, podendo reajustar suas preferências térmicas ao longo do ano, com as diferentes estações do ano, por exemplo (SZOKOLAY, 2004). Esse ajuste de temperatura preferencial é conhecido como temperatura neutra e muda com a temperatura média do mês conforme estudado por alguns pesquisadores (HUMPHREYS, 1978; AULICIEMS, 1981; GRIFFITHS, 1990; NICOL E ROAF, 1996; DE DEAR et al., 1997 apud SZOKOLAY, 2004). Segundo Szokolay (2004), estudos ainda apontam para maior confiabilidade na equação de Auliciems, a qual foi utilizada neste estudo.

Portanto, foram calculadas as temperaturas neutras mês a mês, com base na equação T_n=7,6+0,31*T_{oav}, onde T_{oav} é a temperatura operativa média. Além disso, foi considerado o limite de aceitabilidade de 90%, ou seja, limitando a faixa de conforto com ±2,5°C a cada mês. Assim, no mês de janeiro, por exemplo, a faixa de conforto se situa entre 22,6°C e 27,6°C, enquanto que em junho, o intervalo cai para 19,5°C e 24,5°C (Figura 4).

Figura 4. Gráfico com a temperatura neutra e os limites da zona de conforto para Chapecó



A Figura 5 apresenta o histograma com a frequência de ocorrências das temperaturas, onde percebe-se que as mais frequentes se encontram dentro da zona de conforto estipulada por Givoni (1992), entre 18 e 29°C. As demais temperaturas, fora desta zona, apresentam maior frequência para temperaturas abaixo de 18°C, ou seja, causam maior desconforto por frio. Em relação à umidade relativa do ar, os valores mais frequentes são entre 90 e 95%. Chapecó apresenta uma umidade relativa média anual alta, em torno de 75%.

Já em relação aos ventos (Figuras 6), predominam os ventos vindos de Leste o ano todo e no inverno há uma maior incidência de ventos vindos do Norte, que em geral são ventos quentes e fortes, característicos da região no período frio. Quanto à velocidade dos ventos, prevalecem as velocidades entre 2 e 5 m/s.

Conforme o relatório gerado no software Analysis Bio, V2.2 utilizando o arquivo climático (TRY) do município, Chapecó apresenta 34% das horas do ano em conforto higrotérmico e das 66% horas de desconforto, sendo 43% do tempo por frio e 23% por calor. As estratégias indicadas para a cidade, bem como sua importância são apresentadas na Tabela 1.

Figura 5. Histograma com frequência de ocorrência das temperaturas do ar

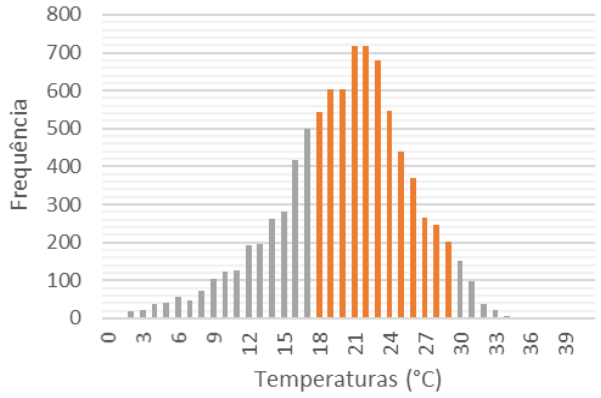
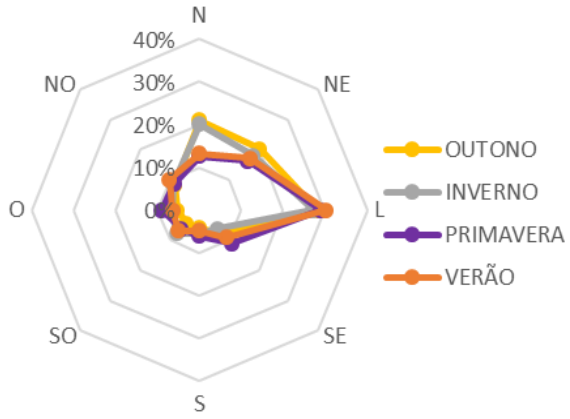


Figura 6. Rosa-dos-ventos de Chapecó – direção predominante



Fonte: Arquivo climático de Chapecó (ano de referência 2011).

Tabela 1. Horas de conforto e estratégias passivas de aquecimento e resfriamento

Conforto				**34% (2970 horas)**
Desconforto 66% (5790 horas)	Frio	43%	Alta Inércia térmica + Aquecimento solar passivo	28%
			Aquecimento solar passivo	8%
			Aquecimento artificial	6%
	Calor	23%	Ventilação	23%
			Alta Inércia térmica para resfriamento	4%
			Resfriamento Evaporativo	4%
			Sombreamento durante período diurno - 4738 h	60%

Fonte: Adaptado de Analysis Bio, 2016.

Além das estratégias de clima quente indicadas para o restante do Brasil, sombreamento e ventilação natural, também se fazem necessárias as estratégias de aquecimento solar passivo e inércia térmica para aquecimento, nos períodos em que a temperatura do ar for menor que 20°C, além de também ser necessário o aquecimento artificial nas horas mais frias do ano. Nota-se a importância da inércia térmica para aquecimento no período de inverno. Já a estratégia de resfriamento evaporativo não apresenta potencial significativo de resfriamento, uma vez que é tanto mais eficiente quanto menor a umidade relativa do ar, característica climática pouco frequente em Chapecó.

Considerando a edificação analisada, percebe-se que a implantação é favorável em relação à insolação, uma vez que a maior fachada encontra-se voltada à Norte. Portanto, o beiral protege as aberturas no verão e permite o aquecimento solar no inverno. Cabe ressaltar ainda que a mesma edificação é implantada para outras orientações no loteamento, sendo, nesse caso, bastante prejudicada em função do excesso de insolação no verão. Por outro lado, não possui aberturas voltadas aos ventos dominantes e apresenta vãos de ventilação muito pequenos, embora atenda o mínimo estipulado pelo código de obras do município.

As demais estratégias de inércia térmica e resfriamento evaporativo não foram consideradas no projeto.

4.2 ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO SEGUNDO A NBR 15575 E NBR 15220

Segundo a NBR 15575-4, a habitação deve apresentar aberturas nas fachadas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes de permanência prolongada como salas, cozinhas e dormitórios. Para a ZB 3 o nível mínimo de desempenho aceitável é a área de ventilação maior que 7% da área do piso. Conforme a Tabela 2, os ambientes de permanência prolongada atendem ao critério mínimo.

Já em relação à NBR 15220-3, para a zona bioclimática em questão são indicadas aberturas médias, ou seja, com área de ventilação entre 15 e 25% da área de piso. Em relação à esses critérios, a edificação não atende em nenhum dos ambientes de permanência prolongada.

Tabela 2. Critério para desempenho de ventilação natural

Ambiente	Área de piso (m²)	Área de janela p/ iluminação (m²)	Área de janela da edificação p/ ventilação (= 50% abertura) (m²)	Porcentagem do vão de ventilação em relação à área de piso
Sala/Cozinha	15,8	3,54	**1,77**	**11%**
Dormitório 1	6,8	1,44	**0,72**	**11%**
Dormitório 2	7,5	1,44	**0,72**	**10%**

Em Chapecó, o tamanho das aberturas é delimitado pelo vão de iluminação e corresponde a 10% da área de piso para ambientes de permanência. Isso significa que, em janelas de correr, cujo vão de ventilação corresponde a 50% do vão de iluminação, o vão de ventilação seria de apenas 5% da área do piso.

Considerando as estratégias para condicionamento passivo das edificações, principalmente no que tange as edificações de baixa renda, entende-se que tanto o limite estabelecido pelo código de obras quanto pela NBR 15575-4 estejam aquém dos níveis mínimos para garantia da renovação do ar e do conforto higrotérmico, além da retirada da carga térmica da edificação. A estratégia de ventilação deveria ser priorizada e seus vãos aumentados. Além disso, observa-se que as aberturas da edificação estudada encontram-se nas fachadas Norte/Sul, enquanto que os ventos dominantes do município são provenientes do Leste.

4.3 DESEMPENHO TÉRMICO SEGUNDO A NBR 15575 E NBR 15220

Os fechamentos verticais do caso em estudo são compostos por paineis pré-fabricados em concreto e alvenaria cerâmica, denominado JetCasa. A espessura total da parede é 11 cm, sendo 1 cm de reboco interno, 9 cm de alvenaria e 1 cm de reboco externo. O tijolo cerâmico possui dimensões de 9x19x24 cm e a argamassa de assentamento de 1 cm. Foram considerados os valores de densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico conforme a NBR 15220-2, a resistência da câmara de ar de alta emissividade, entre 2 e 5 cm igual a 0,16m².K/W. Já para o caso da cobertura da edificação, que é formada por telhas de fibrocimento de 6 mm e forro de PVC de 8 mm, foi considerada uma condutividade térmica do fibrocimento de 0,65 W/m.K e do forro de PVC 0,2 W/m.K e uma resistência da câmara de ar de 0,21 m².K/W.

4.3.1 Transmitância térmica de paredes externas e coberturas segundo a NBR 15575

A NBR 15575, partes 4 e 5 apresenta os requisitos e critérios para verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico de vedações verticais externas e coberturas, respectivamente. Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) estão apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Transmitância e capacidade térmica de paredes externas

	Limites para a ZB 03		Calculado
α ≤ 0,6	U ≤ 3,7 W/m².K	CT ≥ 130 kJ/ m².K	**U = 2,64 W/m².K**
α > 0,6	U ≤ 2,5 W/m².K	CT ≥ 130 kJ/ m².K	**CT = 102,3 kJ/ m².K**

Tabela 4. Transmitância térmica da cobertura

Limites para a ZB 3		Calculado
α ≤ 0,6	U ≤ 2,3 W/m².K	**U = 2,13 W/m².K**
α > 0,6	U ≤ 1,5 W/m².K	

O cálculo dos fechamentos verticais resultou em uma transmitância térmica de 2,64 W/m².K e em uma capacidade térmica de 102,3 kJ/m².K, atendendo ao critério estipulado em função da transmitância térmica, uma vez que a absortância dos fechamentos é baixa, mas não atendendo ao critério da capacidade térmica.
Já no cálculo da cobertura, a transmitância térmica resultou em 2,13 W/m².K. Considerando que a absortância da telha de fibrocimento é maior que 0,6, o critério não foi atendido pelo estudo.

4.3.2 Transmitância térmica de paredes externas e coberturas segundo a NBR 15220-3
Para a ZB 3, a NBR 15220-3 recomenda que as vedações de paredes e coberturas sejam, respectivamente, leve refletora e leve isolada, ou seja, conforme os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar da Tabela 5:

Tabela 5. Limites para vedações de paredes e cobertura da ZB 3

	Transmitância térmica (U) (W/m².K)	Atraso térmico (ϕ) (horas)	Fator solar (%)
parede	U ≤ 3,60 **(U = 2,64)**	ϕ ≤ 4,30 **(ϕ = 2,7)**	FS ≤ 4,0 **(FS = 3,2)**
cobertura	U ≤ 2,00 **(U = 2,13)**	ϕ ≤ 3,30 **(ϕ = 1,1)**	FS ≤ 6,5 **(FS = 7,2)**

Conforme apontado no item anterior, a transmitância térmica das paredes resultou em 2,64 W/m².K e a da cobertura em em 2,13 W/m².K, atendendo apenas o critério das paredes. O atraso térmico das paredes resultou em 2,7 horas e da cobertura em 1,1 horas, atendendo os critérios para ambos os fechamentos.
Em relação ao Fator Solar, o fechamento de paredes resultou em 3,2% uma vez que a absortância das paredes é de aproximadamente 0,3 (DORNELLES, 2008) e o Fator Solar da cobertura em 7,2%, uma vez que a absortância da telha de fibrocimento é de aproximadamente 0,84 (SILVEIRA et al., 2012). Dessa forma, esse critério é novamente atendido em relação às paredes e não em relação à cobertura.

4.3.3 Desempenho térmico por simulação computacional segundo a NBR 15575-1
Conforme a NBR 15575-1, caso a avaliação dos fechamentos opacos não atenda aos critérios estabelecidos pela norma, é possível avaliar o desempenho térmico da edificação, por meio da simulação computacional, avaliando a diferença de temperatura externa e interna de um ambiente de permanência prolongada em um dia típico de projeto de verão e de inverno. Para atender as exigências de desempenho, a edificação deve apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional melhores ou iguais às do ambiente externo, para o dia típico que, segundo a norma, é entendido como o dia real mais quente e mais frio do período analisado. O nível para aceitação é o

Mínimo (M), mas podemos ver nas Tabelas 5 os critérios para o desempenho Intermediário (I) e Superior (S) para a zona bioclimática em estudo.

Tabela 6. Critério para desempenho

Nível de desempenho	Critério de desempenho no verão	Critério de desempenho no inverno
M	Ti, max ≤ Te, max	Ti, min ≥ (Te, min + 3°C)
I	Ti, max ≤ (Te, max – 2°C)	Ti, min ≥ (Te, min + 5°C)
S	Ti, max ≤ (Te, max – 4°C)	Ti, min ≥ (Te, min + 7°C)

Ti, max é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em °C.
Te, max é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C.
Ti, min é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em °C.
Te, min é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C.

Em relação ao desempenho no verão (Figura 7) nota-se que a maior temperatura externa é de 36°C, enquanto que as maiores temperaturas internas são 35,1°C, 34,3°C e 34,3°C, para o dormitório 2, 1 e sala de estar, respectivamente. Dessa forma, as diferenças de temperatura exterior-interior são 0,89°C, 1,7°C e 1,7°C, atendendo apenas ao critério mínimo estipulado pela norma.
Já em relação ao desempenho de inverno (Figura 8), percebe-se que a menor temperatura externas é de 1,4°C, enquanto que as menores temperaturas internas são 6,6°C, 6,7°C e 6,9°C, para o dormitório 2, 1 e sala de estar, respectivamente. As diferenças de temperatura interior-exterior são 5,2°C, 5,3°C e 5,5°C, atendendo aos critérios mínimo e intermediário da norma.

Figura 7. Valores máximos de temperatura no dia típico de verão

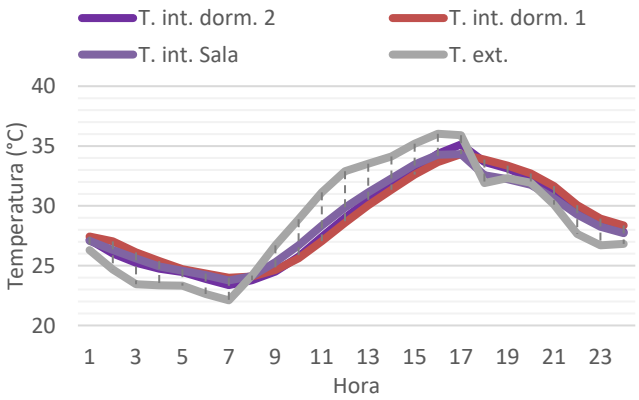
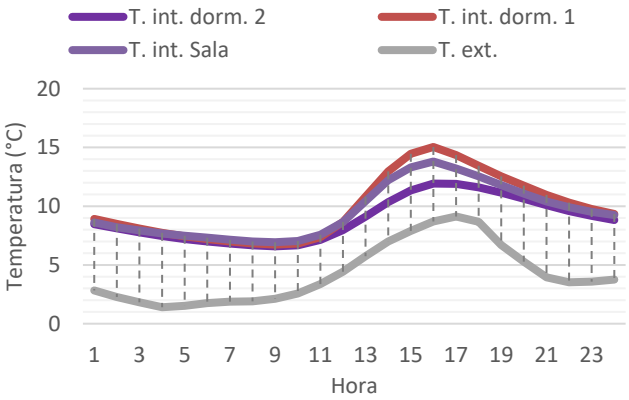


Figura 8. Valores mínimos de temperatura no dia típico de inverno



5. CONCLUSÃO

O estudo apresentou a avaliação climática de Chapecó/SC com base no Arquivo Climático desenvolvido para o município e avaliou o desempenho de uma edificação de baixa renda com base nas normas NBR 15575 e NBR 15220. Por último, o desempenho foi avaliado por meio da simulação computacional.
Os resultados demonstraram pouca consideração do projeto arquitetônico com as normas utilizadas, uma vez que vários critérios não foram atendidos, como a capacidade térmica de paredes e a transmitância térmica da cobertura. Em relação à simulação em um dia típico de verão e inverno, a edificação atendeu apenas aos critérios mínimos, o que não é suficiente para garantir conforto térmico aos moradores, uma vez que o grau de isolamento da edificação se mostrou muito baixo, apresentando temperaturas internas muito além das consideradas em conforto por Givoni (1992).

Em relação aos vãos de ventilação, há bastante discrepância entre as duas normas, sendo que a ventilação natural não é valorizada enquanto estratégia de resfriamento passivo pela NBR 15575. O projeto também não considerou a orientação dos ventos dominantes ao propor as aberturas.
Em relação aos fechamentos de parede e cobertura, apresentam capacidade térmica e atraso térmico baixos, não garantindo a estratégia de inércia térmica para aquecimento, a qual foi recomendada pela NBR 15220 para a ZB 3.
Além disso, o projeto arquitetônico das edificações não mostrou preocupações em relação às variáveis climáticas de Chapecó/SC com vistas a um maior conforto térmico dos usuários. Considerando o nível de renda da população moradora do loteamento, um projeto no qual fossem exploradas as estratégias de condicionamento térmico passivo, além de proporcionar maior conforto, certamente diminuiria os gastos com aquecimento ou resfriamento artificial, além de auxiliar na manutenção da saúde da população do loteamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações: Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.

ABNT. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações: Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.

ABNT. NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho: Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho: Parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013b.

ABNT. NBR 15575-5: Edificações Habitacionais – Desempenho: Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013c.

ANALYSISBIO. Software Livre. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares. Acesso em: Set. 2016.

BERLEZE, A. S. Arquivo Climático para Chapecó/SC. 2016.

DESIGNBUILDER SOFTWARE LIMITED. V. 5. Disponível em: <www.DesignBuilder.co.uk>. Acesso em: Set. 2016.

DORNELLES, K. A. Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. Campinas, 160p., 2008. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.

EMBRACOL. Disponível em: http://www.embracol.com/portfolio-obra.php?id=40. Acesso em: Set. 2016.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings, vol. 18, 1992. p. 11-23.

GOULART. S. et al. Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. 345 p. 2a ed.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Eficiência energética na arquitetura. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, [2014]. 366 p.

LOGSDON, l. O programa minha casa, minha vida em Cuiabá-MT: uma análise da qualidade dos projetos destinados às famílias de baixa renda. Florianópolis, 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SARAMAGO, R. C.; VILLA, S. B.; SILVA, A. C. Análise da Qualidade Ambiental de Edifícios de Apartamentos em Uberlândia/MG e Ribeirão Preto/SP. XIII ENCAC e IX ELACAC, (1), 1–10. 2015.

SILVA, R. B. M.; PAULA, J. M. B.; BARBIRATO, G. M. Programas de Habitação Social e Qualidade de Projeto: Avaliação de Arranjo Construtivo e de Condições Térmicas Internas de Habitação no Contexto Climático. XII ENCAC e VIII ELACAC, 1–10, 2013.

SILVEIRA, R., MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Avaliação da absortância à radiação solar e temperatura superficial de telhas de edificações do campus da UFSC. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1166–1170, 2012.

SZOKOLAY, S. V. Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design, 2004.

272. AVALIAÇÃO DO MICROCLIMA URBANO EM UMA CIDADE GAÚCHA

SALVIA, Amanda Lange[1](amandasalvia@gmail.com); ORTEGA, Abby Daniela[1] (abby.ortegas@gmail.com); RAMIREZ, Galileo[1] (galileo.ramirez@ingenieros.com); MARISCA JUNIOR, Marcos Antônio[1] (mariscajr@gmail.com); KALIL, Rosa Maria Locatelli[1] (kalil@upf.br)*
[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A avaliação de microclimas urbanos é um assunto muito importante, especialmente quando se considera a importância de áreas arborizadas nos espaços públicos de uma cidade. O conforto dos cidadãos deve ser uma característica intrínseca ao planejamento urbano, e é por este motivo que o presente trabalho buscou avaliar o microclima existente na cidade de Passo Fundo, localizada no estado do Rio Grande do Sul, ao sul do Brasil. O objetivo foi analisar quatro variáveis bioclimáticas da ambiência urbana na zona central da cidade, sendo elas temperatura, umidade, velocidade do vento e ruído ambiente. A metodologia consistiu na definição de três áreas centrais da cidade (uma com vegetação e duas pavimentadas) e medição das variáveis bioclimáticas. Os resultados confirmam a importância de regiões arborizadas nas cidades, principalmente para pontos de melhor qualidade para a população no espaço público, visto que nessas áreas observaram-se melhores resultados das variáveis estudadas.
Palavras-chave: Ambiência urbana; conforto urbano; variáveis bioclimáticas.

ASSESSMENT OF URBAN MICROCLIMATE IN A SOUTHERN BRAZILIAN CITY

ABSTRACT
The assessment of urban microclimates is a very important issue, especially when the importance of green areas in public spaces of a city is considered. Citizens' comfort should be an intrinsic characteristic in urban planning, and for this reason this paper seeks to evaluate the microclimate existing in the city of Passo Fundo, located in Rio Grande do Sul, Brazil. The aim was to analyze four bioclimatic variables in the central zone of the city: temperature, humidity, wind speed and sound. The methodology was to define three central areas of the city (one with vegetation and two paved ones) and the measurement of that bioclimatic variables. The results confirm the importance of green areas in the cities, mainly for points of better quality to the population in the public space, since in these areas better results of the studied variables were observed.
Keywords: Bioclimatic variables; urban comfort; urban environment.

1. INTRODUÇÃO

O clima urbano é uma das características mais importantes em toda cidade. Segundo Ambrizzi (2014), ele pode influenciar a forma de vida dos cidadãos, a distribuição das suas atividades e a utilização dos espaços públicos. Tal relação, introduz o conceito de ambiência urbana que, de acordo com Bestetti (2014) abrange não só o meio material onde é construído o espaço público ou privado, mas também é relacionado com o comportamento que será gerado nos indivíduos. O conforto percebido pelos cidadãos no uso dos espaços urbanos é o resultado da interação entre

variáveis climáticas, estruturas físicas e cultura cívica. Sua avaliação é uma ferramenta importante para planejar novos espaços ou reestruturar aqueles já existentes.

A radiação solar, a temperatura do ar, a velocidade do vento e a umidade são variáveis próprias do clima e devem ser parte do planejamento urbano. De acordo com Romero (2001) tais variáveis são consideradas como os elementos ambientais maiores. Esses compõem o clima, seja regional ou urbano, mas são influenciados pelos materiais que constituem a superfície urbana. Para Higueras (2006), variáveis como o vento, sombreamento, insolação e distâncias mínimas da infraestrutura urbana, também são de vital importância para atingir os objetivos da teoria bioclimática. Por sua vez, o som é um parâmetro sempre presente, influenciado por tais variáveis climáticas e pela topografia e vegetação do local. Por definição, ele é uma perturbação elástica do meio onde se produz. O ruído é um conjunto de sons desagradáveis e indesejáveis, muitas vezes como resultado de uma percepção subjetiva pelo indivíduo (ROMERO, 2001; JIMÉNEZ, MARTÍNEZ, 2005).

Os novos projetos arquitetônicos utilizam tais variáveis para melhorar características como ventilação, acesso solar e luz natural, com o intuito de melhorar a percepção de conforto e qualidade por parte dos moradores. No entanto, em alguns casos, tais características são focadas aos espaços interiores, gerando múltiplas variações no exterior tais como a direção do vento, controle de acesso à sombra e sol de inverno, e a sensação de temperatura devido aos materiais (SCHILLER, 2000).

Segundo Rivero (1985), no Brasil existem exemplos de trabalhos realizados sobre a análise das propriedades bioclimáticas. Apesar de estes trabalhos nem sempre terem a mesma metodologia de trabalho, os parâmetros climáticos, ambientais e arquitetônicos são semelhantes. Por sua vez, para proceder à análise bioclimática no espaço urbano, as investigações utilizam procedimentos qualitativos e quantitativos dos parâmetros climáticos e suas combinações, sendo que muitos consideram ainda a percepção dos usuários.

Observando tal relação entre microclimas e a morfologia do espaço público, Perico-Agudelo (2009) sugere efetuar o planejamento urbano, procurando o bem-estar dos cidadãos. No Brasil, autores como Costa (2003), Carvalho (2005), Pantaleão e Romero (2008) e Vasconcelos e Zamparoni (2011) destacam a importância da análise bioclimática nos bairros, campus universitários, calçadões e cidades em geral, respetivamente. Outros, como Araújo et al. (2006) concluem que se deve melhorar a estrutura arquitetônica e aumentar a quantidade de zonas verdes, com a ideia principal de fornecer espaços de qualidade, ao nível visual e bioclimático, de todos os moradores.

A importância destes estudos é a carência de pesquisas sobre o aspecto bioclimático em centros urbanos, que resulta em percepção negativa do conforto em espaços públicos por parte dos habitantes.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo diagnosticar o microclima de uma área urbana na cidade de Passo Fundo, localizada no sul do Brasil, a partir de três áreas com diferentes características espaciais e ambientais na zona central, analisando diferentes variáveis bioclimáticas, a sua relação com o espaço público e a incidência no conforto dos cidadãos.

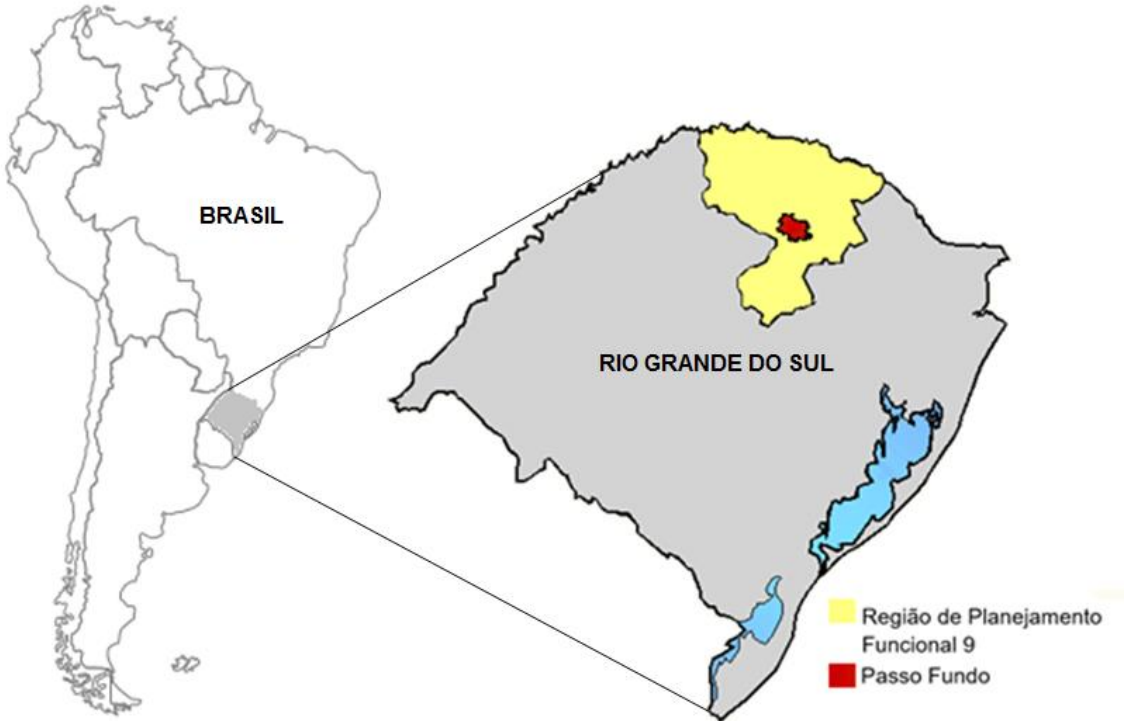
3. MÉTODO DE PESQUISA

A abordagem do estudo foi principalmente quantitativa, onde se avaliaram variáveis climáticas em diferentes áreas da cidade, com diferentes comportamentos e estruturas urbanas.

3.1. Local de estudo

A cidade onde se desenvolveu o estudo, Passo Fundo, se localiza na região norte do Rio Grande do Sul. Este estado, por sua vez, fica localizado no sul do Brasil, como apresentado na Figura 1. Segundo o IBGE (2015) o município conta com uma população aproximada de 196.739 habitantes e uma área territorial de 783,42 km². Passo Fundo pertence à Região de Planejamento Funcional 9 do Rio Grande do Sul, e é considerada polo de desenvolvimento, principalmente por seu destaque em equipamentos institucionais, de saúde e infraestrutura (SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GESTÃO E PARTICIPAÇÃO CIDADÃ, 2015).

Figura 1. Localização do município de Passo Fundo ao norte do estado do Rio Grande do Sul



A cidade possui um clima temperado com 17,5º C na média anual, proporcionando características subtropicais úmidas, devido à sua altitude de 687 metros acima do nível do mar e a localização geográfica sul, no globo terráqueo. Suas variações climáticas são bastante caracterizadas, com verão quente e temperatura média de 22,9º C no mês de janeiro, e invernos frios em junho com temperaturas medias de 12,7 º C (MELO, 2007).

Por sua vez, a umidade relativa média do ar é de 67% e 76% e a velocidade média do vento é de 4,0 m/s com direção predominante Nordeste. Quanto às precipitações anuais, se têm valores médios de 1.700 mm, com variações entre 79 e 140 dias com chuva, apresentando ocorrência de geadas (EMBRAPA, 2016).

3.2. Metodologia

3.2.1 *Áreas a serem analisadas*

Na busca de analisar a incidência do planejamento urbano nas variações bioclimáticas e o comportamento da população, foram escolhidas 3 áreas no centro de Passo Fundo, com diferentes atributos urbanos. O centro se caracteriza pelo intenso movimento de pessoas, onde se agrupam diferentes interesses da população, tais como comércio, centros educativos e lazer.

A delimitação das áreas foi feita partindo-se da hipótese de haver pontos pavimentados e arborizados, sendo avaliados em duas situações, à exposição de sol e em sombra, para verificação de possíveis variações. Em cada uma das áreas escolhidas, foram definidos três pontos para medição das variáveis, a fim de obter a média aritmética para cada local. O Quadro 1 apresenta as características das três áreas de estudo, assim como uma imagem de cada uma, com apresentação dos três pontos de medição das variáveis.

3.2.2 *Medição dos aspectos bioclimáticos*

Os aspectos bioclimáticos selecionados para avaliação foram temperatura, umidade, velocidade do vento e ruído ambiente. Para sua medição, utilizaram-se os seguintes equipamentos e procedimentos:

a) Ruído ambiente: por meio da medida da intensidade sonora em (Db), foram feitas 30 leituras em cada ponto, a cada 5 segundos, utilizando-se o Sonômetro SL-4011 (INSTRUTHERMERM), disposto sobre um tripé de 1,30m de altura.
b) Temperatura, umidade e velocidade do vento: foram feitas 5 leituras em cada ponto, a cada 10 segundos, utilizando-se o Higroanemômetro THAR-185 (INSTRUTHERMERM) segurado também à aproximadamente 1,30m de altura, para medição de porcentagem de umidade relativa, temperatura em °C e velocidade do vento em m/s.

As medições de cada variável bioclimática foram realizadas em dois períodos do dia, manhã e tarde, no fim do mês de novembro, utilizando nos dois casos os mesmos pontos de coleta de dados. As medições foram feitas ponto por ponto em cada uma das áreas escolhidas. Assim, depois de obter os dados de temperatura, umidade, velocidade do vento e intensidade sonora para o primeiro ponto, os equipamentos de medição foram deslocados aos dos seguintes pontos para continuar com as leituras. A cada leitura, os dados foram registrados em planilhas previamente formatadas. Os dados foram passados para o programa Excel para obter os valores médios por ponto, segundo os valores registrados em cada leitura, e finalmente, foram obtidas as médias aritméticas de cada área, segundo os resultados quantificados nos três pontos.

Quadro 1. Áreas e pontos de avaliação bioclimática na cidade de Passo Fundo

Área 1 - Praça Marechal Floriano		
Localização	Características	
Quadra delimitada pelas Ruas Independência, Bento Gonçalves, Moron e Avenida General Neto, coordenadas 28° 15' 45.71" S e 52° 24' 23.31" O.	Predominantemente permeável, grande quantidade de vegetação. Ambiente sonoro ruidoso, recebe sons externos das ruas. Paleta de cores verdes, claras, sombras geradas pela vegetação. Na fronteira são observados prédios com alturas entre 3 e 15 pavimentos, ressaltando a presença da Catedral de Nossa Senhora Aparecida.	
Área 2 - Rua General Osório		
Localização	Características	
Quadra entre a Avenida General Neto e a Rua Coronel Chicuta, nas coordenadas 28° 15' 53.32" S e 52° 24' 24.29" O.	Base totalmente impermeável. As variáveis de temperatura e umidade relativa são similares às do entorno. Ambiente sonoro muito ruidoso, temperaturas superficiais elevadas, presença de múltiplas sombras pelos edifícios. São observados prédios com alturas entre 3 e 10 pavimentos, com poucos detalhes arquitetônicos. Predomina a cor cinza, que provem do asfalto e dos prédios.	
Área 3 - Rua Coronel Chicuta		
Localização	Características	
Quadra entre a Rua General Osório e a Avenida Sete de Setembro, coordenadas 28° 15' 55.62" S e 52° 24' 25.68" O.	Base totalmente impermeável. A temperatura superficial é elevada em função ao material de pavimentação. Ambiente sonoro muito ruidoso. Conjunto de cores em diferentes variações cinzas. Presença de sombras pelos edifícios. São observados prédios com alturas de até 4 pavimentos, com arquitetura variada entre nova e antiga.	

Fonte das imagens: Google Inc. (2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 2 apresenta os resultados médios das medições das variáveis bioclimáticas avaliadas, para cada área, segundo o período do dia.

Quadro 2. Medições das variáveis bioclimáticas nas áreas de estudo

Variáveis	Área 1	Manhã	Tarde	Área 2	Manhã	Tarde	Área 3	Manhã	Tarde
Temperatura (°C)	Praça Marechal Floriano	21,01	27,69	Rua General Osório	24,25	29,23	Rua Coronel Chicuta	28,24	33,83
Umidade (%)		75,69	58,45		66,69	52,58		56,28	46,78
V. vento (m/s)		1,21	1,01		1,07	1,34		1,76	1,18
Ruído do ambiente (dB)		57,03	57,92		63,93	64,17		63,78	64,56

Na Área 1, a temperatura média aumentou aproximadamente 30% da manhã para a tarde, enquanto que nas Áreas 2 e 3 o aumento foi de aproximadamente 20%. Estas duas áreas, pavimentadas, possuem maiores temperaturas que a Área 1, arborizada, mas apresentaram um aumento percentual menor. Ainda assim, em função dos menores valores de temperatura média, a Área 1 é considerada como tendo a melhor condição de temperatura para conforto.

Os dados de umidade na Área 1 indicam redução de 17% da manhã para a tarde. Nas Áreas pavimentadas 2 e 3, a redução foi de 14 e 9,5%, respectivamente. Observa-se que a Área 3, mesmo tendo apresentado maior temperatura, foi o local que apresentou também a menor redução percentual de umidade.

Quanto à velocidade média do evento, pode-se dizer que a Área 1 possui um resultado mais estável que as demais, com menor variação (16%), o que pode ocorrer pela maior quantidade de vegetação do entorno. Nas Áreas 2 e 3, a variação observada foi de 25 e 32%, respectivamente.

Os dados de ruído no ambiente mostram aumento de 1,56% entre os dois horários de medição na Área 1, 0,38% na Área 2 e 1,22% na Área 3. Observa-se que as áreas pavimentadas (2 e 3) possuem ruído do ambiente de maior intensidade, mas com menor aumento percentual entre os turnos de avaliação.

5. CONCLUSÃO

A avaliação bioclimática dos espaços públicos deve ser feita de forma individual e diferenciada. Embora todas as áreas avaliadas neste trabalho estejam localizadas no centro da cidade de Passo Fundo, todas apresentaram características diferentes nas quatro variáveis bioclimáticas de temperatura, umidade, velocidade do vento e intensidade sonora. A eficiência do planejamento urbano deve considerar o uso dos espaços públicos, os materiais do ambiente construído e o ritmo de vida dos cidadãos, para dar um impacto positivo em todos os habitantes.

Em termos das análises quantitativas realizadas, a Praça Marechal Floriano, caracterizada pela presença de áreas verdes, possui melhores níveis de conforto de temperatura e umidade, sendo que a vegetação é um fator muito importante para tal característica. No entanto, o conforto auditivo percebido pelo pedestre é prejudicado pelo tráfego automóvel e a presença de estabelecimentos

comerciais perto da área estudada. Nesse sentido, poderia se pensar em regulações de ruído, que permitam aos cidadãos disfrutar dessas áreas de lazer.
No caso da avaliação da velocidade do vento, é claro que os corredores de trânsito contribuem a uma melhor canalização de vento, como no caso da Rua Coronel Chicuta, cuja área não possuía obstáculos. No entanto, as temperaturas no caso da Rua General Osório foram melhores frente às registradas na Rua Coronel Chicuta, provavelmente pela presença de grandes edifícios que permitem o sombreamento no horário de manhã. No geral, nessas áreas a percepção de conforto pelo cidadão é bastante reduzida pela grande exposição solar e a incidência de luz direta.
Em todos os casos analisados, as medições de ruído, que foram feitas fora do horário de pico, mostram que estes valores podem se tornar mais expressivos e ainda mais nocivos à qualidade de vida. Portanto, pode-se concluir que áreas de conforto relacionadas ao som dentro do ambiente urbano estão cada vez mais reduzidas.
Com o estudo feito, verificou-se a importância da avaliação das variáveis bioclimáticas de temperatura, umidade, velocidade do vento e ruído do ambiente, no planejamento urbano, dependendo do uso que predomine nas zonas estudadas. Foi verificada a importância das zonas verdes em cidades adensadas principalmente pelo equilíbrio bioclimático que fornecem para toda a população. No entanto, nas áreas onde não é possível a implantação de grandes extensões verdes, podem ser trabalhados elementos que permitam melhorar as condições de sombra e consequentemente, de temperatura, vento e umidade, tais como paletas de cores menos refletivas, áreas arborizadas ou gramados em zonas altamente vulneráveis aos impactos negativos da insolação, direção do vento e poluição sonora ou elementos arquitetônicos para tal fim.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBRIZZI, T. Variabilidade e mudança no clima: passado, presente e futuro. In: CORTESE, T.; NATALINI, G. (Org.). Mudanças climáticas: do global ao local. Barueri: Editora Manole Ltda, 2014. p. 1-38.

ARAÚJO, B. C. et al. Análise bioclimática em centro histórico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 38-47., 2006, Florianópolis. Anais eletrônicos... Florianópolis: ENTAC, 2006. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_0038_47.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2016.

BESTETTI, M. L. T. Ambiência: espaço físico e comportamento. Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia, v. 17, n. 3, p. 601-610, 2014.

CARVALHO, Sheila Oliveira. Análise bioclimática como ferramenta para implemebtação do Plano Diretor do Campus Central da UFRN. Natal, RN, Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio grande do Norte. 2005.

COSTA, Angelina Dias Leão. Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: uma experiência no bairro Petrópolis em Natal, RN. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Natal, 2003.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Clima de Passo Fundo. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/Clima_de_Passo_Fundo.pdf. Acesso em: 28 set. 2016.

GOOGLE INC. Google Maps. [Sem título]. Google Inc., 2015.

HIGUERAS, Ester. Criterios de diseño urbano del urbanismo bioclimático. In: HIGUERAS, E. Urbanismo bioclimático. Barcelona: Editoral Gustavo Gili, 2006. p. 139-219.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 4 dec. 2015.

JIMÉNEZ, A.; MARTÍNEZ, P. El ruido ambiental urbano en Madrid. Caracterización y evaluación cuantitativa de la población potencialmente afectable. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, Madrid, n. 40, p. 153-180, 2005.

MELO, Evanisa Fátima Reginato Quevedo; ROMANINI, Anicoli. A Gestão da Arborização Urbana na Cidade de Passo Fundo/RS. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 2, n. 1, 2007.

PANTALEÃO, S. C.; ROMERO, M. A. Análise do espaço urbano: O calçadão de Londrina. In: SEMINARIO INTERNACIONAL NUTAU, 7., 2008, São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo: NUTAU, 2008. Disponível em: <http://www.usp.br/nutau/CD/151.pdf >. Acesso em: 06 abr. 2016.

PERICO-AGUDELO, David. El espacio público de la ciudad: uma aproximación desde el estudio de sus características bioclimáticas. Quadernos de vivienda y urbanismo, v.2, n.4, p. 278-301, 2009.

RIVERO, R. Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: DCLuzzatto Editores, 1985.

ROMERO, M. A. A arquitetura bioclimática do espaço público. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

SCHILLER, S. Sustainable cities: Contribution of urban morphology. In: STEEMERS, K.; YANNAS, S. (Ed.). Architecture, City, Environment: Proceedings of PLEA 2000. Cambridge: James & James, 2000. p. 353-358.

SEPLAN - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GESTÃO E PARTICIPAÇÃO CIDADÃ. Perfis: regiões funcionais de planejamento. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <www.seplan.rs.gov.br/download/20150319163519perfis_todos.pdf>. Acesso em: 27 de ago. 2015.

VASCONCELOS, Laura Cristina da Silva; ZAMPARONI, Cleusa Aparecida Gonçalves Pereira. Os efeitos da urbanização no microclima no bairro Morada da Serra, Cuiabá – MT Ra'ega. RA´E GA 23 (2011), p. 573-599. Disponível em: www.geografia.ufpr.br/raega/ Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR. ISSN: 2177-2738.

315. PERMACULTURA URBANA: A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NA CIDADE INTEGRADA AO SEU PLANEJAMENTO

KLEBA, Ana Julia M.*[1] (anajmkleba@gmail.com); COSTA CURTA, Camila[1] (camila.alba@live.com); NÓR, Soraya[1] (soraya.nor@ufsc.br) SANT'ANNA, Tássia M.[1] (tassia_santanna@hotmail.com).
[1]Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil

*Autor correspondente

RESUMO
A cidade e a agricultura interdependem-se desde seus surgimentos. Os grandes aglomerados urbanos foram possíveis devido à produção eficaz de alimentos. Contudo, gradativamente, ampliou-se a divisão espacial e de funções entre onde se produz e se consome alimentos: o meio rural é o produtor e as cidades as grandes consumidoras, sem que haja qualquer contato direto entre ambos. O presente artigo, escrito no âmbito da pesquisa "Permacultura na Paisagem Urbana", desenvolvida no Laboratório de Urbanismo (LabUrb) e no Programa de Educação Tutorial (PET/ARQ) da UFSC, objetiva investigar a produção de alimentos nas cidades brasileiras como política de desenvolvimento urbano, apresentar o que tem sido desenvolvido na cidade de Florianópolis e a viabilidade de implantar a agricultura urbana em um bairro do município. Para tal, elaborou-se um estudo sobre o reconhecimento da produção de alimentos nas cidades brasileiras como cumprimento da função social da propriedade e da cidade, para então relatar as experiências de Florianópolis. Procurou-se evidenciar a influência da relação entre a agricultura urbana e as dinâmicas das cidades e os sistemas de abastecimento e gestão urbana, além da necessidade dessa atividade ser reconhecida e apoiada pelo Plano Diretor, em função de seus benefícios para a população local. Por fim, expõe-se a necessidade de retomar a relação entre a cidade e o campo como uma forma de reintroduzir a natureza no cotidiano da população urbana e de obter-se um estilo de vida mais saudável e responsável, ao facilitar o consumo de alimentos orgânicos e um modelo de urbanidade mais viva e sustentável.
Palavras-chave: Permacultura; Agricultura urbana; Desenvolvimento urbano; Sustentabilidade.

URBAN PERMACULTURE
FOOD PRODUCTION IN THE CITY INTEGRATED WITH ITS PLANNING

ABSTRACT
The city and agriculture have been interdependent since its emergence. Large urban clusters were possible due to the effective production of food. However, gradually, the spatial and functional division between the place where the food is produced and where it is consumed has been expanded: the rural environment is the producer and the cities are the major consumers, without any direct contact between the two of them. This article was written in the scope of the research "Permaculture in Urban Landscape" developed in the Urbanism Laboratory (LabUrb) and in the Program of Tutorial Education (PET / ARQ) of Federal University of Santa Catarina (UFSC), and it aims to investigate food production in Brazilian cities as a policy of urban development, to introduce what has been developed in the city of Florianopolis and the feasibility of implementing urban agriculture in a district of the municipality. For this purpose, a study was carried out on the recognition

of food production in Brazilian cities as a fulfillment of the property's and city's social function, then to report the experiences of Florianópolis. It was tried to evidence the influence of the relation between urban agriculture and the dynamics of cities and urban supply and management systems, as well as the need of this activity to be recognized and supported by the city's master plan, based on its benefits to the local population. Finally, it is exposed the need to retake the relationship between the city and the countryside as a way of reintroducing nature into the daily life of the population and to achieve a more healthy and responsible lifestyle by facilitating the consumption of organic food and a more lively and sustainable model of urbanity.
Keywords: Permaculture; Urban agriculture; Urban development; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

1.1 O DISTANCIAMENTO ENTRE A CIDADE E A PRÁTICA AGRÍCOLA

Os primeiros aglomerados urbanos se intensificaram a partir da vinda de camponeses para as cidades em busca de oportunidades de trabalho, acesso à informação e trocas comerciais e sociais. Carolyn Steel apresenta em seu livro "*Hungry City: How food shapes our lives*" (2008) – "Cidade faminta, como o alimento molda nossas vidas", em tradução literal – a cidade de Londres do século XVII, que tinha suas ruas e espaços públicos conformados de acordo com a chegada de alimentos do campo, e nos mostra como a origem dos alimentos tem consequência direta nas dinâmicas urbanas. Com o processo de higienização das cidades e o aumento da população – e, consequentemente, da demanda de alimentos – a produção destes precisou crescer na mesma proporção, sendo desenvolvida sua mecanização e industrialização. Assim, a relação entre os alimentos processados e sua origem natural tornou-se cada vez mais alheia e desconhecida. Esse afastamento das práticas agrícolas para longe das cidades, somado ao advento da industrialização, segregou o espaço urbano e o rural e, quanto mais segregadas a fonte de insumos e sua fabricação, mais distantes e alienadas as cidades estavam em relação ao campo, à produção de alimentos e à natureza em geral.

Desde o surgimento do Urbanismo, como estudo de alternativas para a organização de cidades pós-revolução industrial, existem teorias e planos – colocados por muitos como utópicos – de aproximação da vida urbana com a natureza. Ebenezer Howard (1902), em seu livro "*Garden-cities of To-Morrow*", crítica a configuração da cidade liberal e propõe alternativas para equacionar a relação entre cidade e campo. Percebe-se que a preocupação em relação ao afastamento entre cidade e natureza não é um tema tão recente.

O Brasil passou por semelhante processo de industrialização, levando a mecanização e a modificação genética às práticas agrícolas. O país possui uma intensa produção rural de caráter de exportação que sustenta boa parte da economia do país. A produção de alimentos cresce ao mesmo tempo em que a população rural diminui. Como consequência, as cidades são abastecidas por grandes corporações e os produtos são adquiridos pelas pessoas sem qualquer contato com sua produção e fabricação.

1.2 PERMACULTURA URBANA

O estilo de vida promovido pelo capitalismo, e adotado por grande parte da população urbana, é vivenciado por uma sociedade com fortes hábitos de consumo e basicamente sedentária, que ocupa boa parte de seu tempo em longos deslocamentos para realizar suas atividades. A incidência de doenças relacionadas a esse modo de vida – como estresse, ansiedade, depressão, entre outras –

têm aumentado em meio à população urbana. Em muitas cidades, o espaço verde se dá apenas por elementos pontuais, como praças, terrenos inutilizados e gramados ao longo de vias de trânsito. Esses espaços são muitas vezes insuficientes para promover um real contato da população com o meio natural.
Diante da necessária reaproximação entre seres humanos e natureza, a Permacultura Urbana surge para buscar alternativas ao atual modelo imediatista e consumista da sociedade mundial. O conceito de Permacultura foi desenvolvido por Bill Mollison e David Holmgren, na década de 1970, na Austrália, e consiste, basicamente, em um sistema de planejamento de ambientes humanos sustentáveis, que envolve a integração de princípios ecológicos, éticos e respeito a contextos culturais específicos. Essas práticas foram, originalmente, aplicadas à agricultura, para a produção sustentável de alimentos, minimizando os impactos ao meio ambiente (MOLLISON; HOLMGREN, 1983). Posteriormente, a concepção de Permacultura como "agricultura permanente" ("*Permanent agriculture*") evoluiu para a de "cultura para permanência", tendo como característica a união entre os conhecimentos tradicionais e os atuais saberes científicos, de modo a garantir a permanência dos seres humanos e de suas futuras gerações no planeta de forma sustentável e harmoniosa.

No âmbito da Permacultura, mais recentemente, surge a agricultura urbana como alternativa para promover o equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a sustentabilidade, representando uma nova fonte de renda a pequenos produtores agroecológicos e possibilitando um melhor aproveitamento dos espaços ociosos das cidades, oferecendo até mesmo novas áreas públicas de lazer dentro dos bairros onde é implantada. A Permacultura incentiva a implementação de hortas urbanas comunitárias de modo a estimular o encontro entre pessoas de diferentes gerações e classes de renda, como uma forma de valorizar saberes locais de cada região e fomentar trocas de experiências.

A relação entre a alimentação orgânica e a manutenção da saúde também é clara. Alimentos industrializados e provindos da agricultura convencional apresentam, em sua maioria, baixos níveis nutricionais, além de elevados índices de componentes químicos prejudiciais à saúde. O conceito de Segurança Alimentar e Nutricional, assegurado pela Lei nº 11.346/2006 no Brasil, respalda "o direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis." Nesse sentido, o cultivo de alimentos no meio urbano apresenta-se como uma opção para a transformação da paisagem urbana em uma paisagem produtiva com maior contato com a natureza. Ao incentivar essa prática, aliando-a a políticas urbanas, pode-se alcançar uma relativa autossuficiência no abastecimento de certos alimentos nas cidades e menor necessidade de deslocamentos desses produtos se produzidos localmente, o que pode se refletir na diminuição dos preços e atrair mais pessoas a consumir alimentos orgânicos e locais.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Considerar a produção de alimentos nas cidades brasileiras como política de desenvolvimento urbano e estudar a viabilidade da implantação de um sistema urbano de produção de alimentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar as discussões relacionadas à agricultura urbana desenvolvidas na cidade de Florianópolis a partir do II Encontro Municipal de Agricultura Urbana, ocorrido em 2016.
- Fornecer subsídios para ações de projeto, planejamento e gestão urbana sustentável.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para a elaboração de uma proposta de agricultura urbana para um bairro no município de Florianópolis foi necessária a revisão e retomada das discussões que vêm ocorrendo na cidade acerca do tema, uma vez que está sendo elaborado um novo Plano Diretor e essa discussão está em pauta no âmbito das instituições e dos grupos envolvidos no assunto. O último plano diretor desenvolvido para a cidade, em 2014, está sendo revisado e, por meio dessas discussões, uma parcela da população está reivindicando a inclusão da agricultura urbana no zoneamento da cidade. A metodologia para a criação de um plano urbano guiado pela produção de alimentos na cidade, proposto neste artigo, considerou as sugestões colocadas por técnicos e pela população, atendendo a algumas demandas expostas com a conclusão das discussões públicas acerca do tema promovidas na cidade pela prefeitura e por outros órgãos.
Para o desenvolvimento de tal método, elegeu-se como estudo de caso o bairro Córrego Grande. A primeira etapa de sua elaboração tratou-se de uma leitura urbana que possibilitou o reconhecimento das características geoambientais e socioeconômicas do bairro estudado por meio de entrevistas com os moradores e levantamentos, que resultaram em mapas para auxiliar o processo. A partir do material coletado e produzido é possível reconhecer as dinâmicas da população e, com isso, estabelecer um zoneamento que divide o bairro em zonas com um mesmo padrão de comportamento – analisando os lugares mais frequentados e os hábitos frequentes. Esse zoneamento possibilita, posteriormente, a definição da localização das hortas comunitárias e dos pontos de coleta de resíduos orgânicos.

A busca por locais com potencial para a instalação dessas hortas se inicia através de um mapeamento de dois tipos de terrenos verdes distintos: terrenos privados sem construções e terrenos públicos com falta de manutenção. Após realizar o mapeamento dessas áreas, elencaram-se terrenos públicos para implantação de hortas comunitárias, estipulando um raio de abrangência para cada terreno e, com uma análise de políticas urbanas brasileiras e municipais que incentivam o uso social da propriedade, sugere-se possibilidades de utilização de terrenos privados e ociosos para o cultivo de alimentos, por meio de um planejamento urbano integrado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS COMO POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO URBANO

Apesar de grande parte da produção agrícola brasileira caracterizar-se por uma agricultura extensiva, latifundiária, monocultural e mecanizada, esse modelo corresponde a apenas 15,6% dos estabelecimentos agropecuários do Brasil (IBGE, 2006). Essa produção promove a exploração e o desmatamento de terras no interior do país e basicamente destina sua produção ao mercado externo. A agricultura familiar é responsável por uma parcela considerável do abastecimento agrícola brasileiro e "por garantir boa parte da segurança alimentar do País, como importante fornecedora de alimentos para o mercado interno" (IBGE, 2006). No entanto, esse tipo de agricultura exige que os alimentos sejam transportados para todos os estados brasileiros através de caminhões que se deslocam por milhares de quilômetros por rodovias precárias até chegarem nas mesas da

população. Enquanto os alimentos percorrem longas distâncias até chegarem às cidades, o perímetro urbano dispõe de uma grande quantidade de terrenos disponíveis e terras cultiváveis ociosas, que, se destinadas à prática da agricultura urbana e periurbana, além de promover vantagens nutricionais e socioculturais à população, interferiria ainda na diminuição dos impactos causados pela sobrecarga do sistema viário, pelo gasto energético e pela poluição.

No Brasil, o projeto de lei PL 906/2015, em trâmite na Câmara dos Deputados, objetiva a criação de uma Política Nacional de Agricultura Urbana e determina que o governo federal, os estados e os municípios deverão cooperar entre si na realização da política, visando ampliar a segurança alimentar e nutricional das populações urbanas vulneráveis; propiciar a ocupação de espaços urbanos ociosos; gerar alternativa de renda e de atividade ocupacional à população urbana; articular a produção de alimentos nas cidades com os programas institucionais de alimentação em escolas, creches, hospitais, asilos, restaurantes populares, estabelecimentos penais e outros.

Esta medida é um dos encaminhamentos do I Encontro Nacional de Agricultura Urbana, sediado no Rio de Janeiro em 2015, que produziu ao seu final uma carta intitulada “Agricultura Urbana e Direito à Cidade: Cultivando Saúde e Comida de Verdade”. A carta constituiu-se em um plano com diferentes propostas políticas relacionadas à produção de alimentos no meio urbano e incentivou outros encontros em diversas cidades brasileiras, estimulando a organização social da população para regulamentar a agricultura no meio urbano.

Atualmente, a cidade de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, além de ter a prática agrícola promovida pelo governo municipal desde a década de 90 por meio de políticas públicas, é reconhecida pelo plano diretor municipal como uma contribuição para o completo desenvolvimento das funções sociais da cidade. Dessa forma, a agricultura em solo urbano, viabilizada pelo parcelamento de terras específicos para tal fim transformou-se também em uma importante ferramenta para conter a intensa competição por terras pela especulação imobiliária.

Em Florianópolis, em junho de 2016, como decorrência do Encontro Nacional, ocorreu o II Encontro Municipal de Agricultura Urbana, que teve como objetivo agregar instituições públicas e a comunidade para estender o conhecimento sobre Agricultura Urbana; discutir estratégias que fortaleçam as práticas agrícolas de base agroecológica; além de reunir grupos, associações, escolas, universidades, coletivos, setores da prefeitura e demais pessoas envolvidas com a questão. A iniciativa do evento foi da Rede Semear Floripa, que tem como objetivo principal “semear agroecologia para colher uma cidade sustentável” e tem congregado as entidades e pessoas envolvidas com o tema e organizado a discussão no âmbito do Plano Diretor municipal.

4.2 PROPOSTA PARA IMPLANTAÇÃO DE AGRICULTURA URBANA

O bairro Córrego Grande possui atualmente uma população de 10.563 habitantes e situa-se em área de grande interesse imobiliário por sua proximidade e fácil acesso a importantes pontos da cidade, como a Universidade Federal de Santa Catarina, a Universidade Estadual de Santa Catarina e o centro da cidade, estando localizado na porção central da ilha Santa Catarina, entre os bairros Itacorubi, Santa Mônica, Trindade e Pantanal.



1. Mapa de localização da ilha de Florianópolis, em relação ao estado de Santa Catarina.
2. Mapa de localização do bairro Córrego Grande em relação à cidade de Florianópolis.
Fonte: elaboração própria a partir de base cartográfica da Prefeitura Municipal de Florianópolis.

A via estruturadora do bairro é a Rua João Pio Duarte da Silva, caracterizada pelo uso misto com muitos comércios, serviços e habitações em toda a sua extensão e conformada por edificações com gabaritos variando até cinco pavimentos. As vias perpendiculares, de característica local, têm predominância de residências unifamiliares. É possível notar uma diferença significativa entre os padrões de ocupação do bairro de acordo com a qualidade das edificações e a forma de ocupação dos lotes: a população de renda média e alta concentra-se ao norte da via principal; já ao sul, conforme a topografia se acentua, concentra-se a população de mais baixa renda.

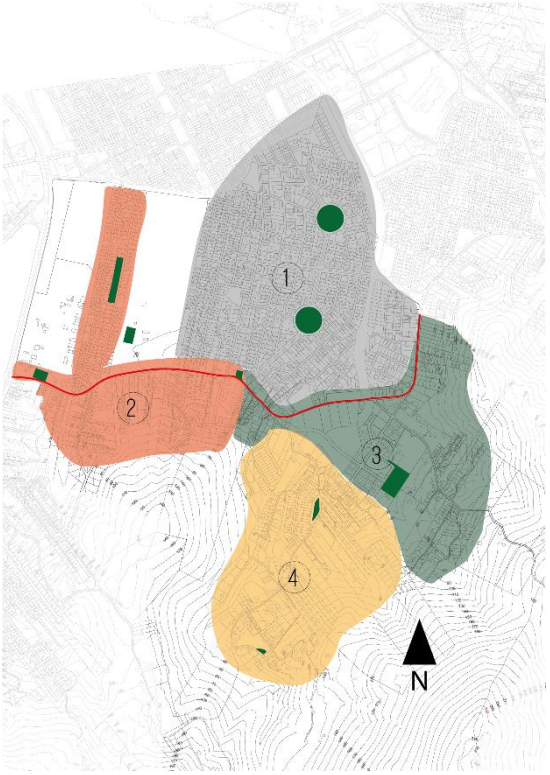
No estudo, foram levantados um grande número de terrenos privados ociosos. Com a implantação da agricultura urbana, essa área seria capaz de abastecer parcialmente a população do bairro e promover uma melhor destinação dos resíduos orgânicos produzidos pela população local por meio da compostagem. Para tanto, é necessário o incentivo ao uso desses terrenos ociosos para o cultivo de alimentos através de políticas públicas, como por exemplo, IPTU verde, reconhecendo a agricultura urbana como um real uso social da terra.



Mapa de áreas verdes e terrenos ociosos.
Fonte: elaboração própria a partir de base cartográfica da Prefeitura Municipal de Florianópolis.

A partir da aplicação das entrevistas, definiram-se quatro diferentes perfis dos moradores do bairro, o que resultou na definição de quatro zonas de comportamentos e dinâmicas sociais distintas. Nessas zonas, foram eleitos terrenos públicos adequados para a implantação de hortas e de pontos de coleta e compostagem dos resíduos orgânicos locais, sendo ambos dimensionados de acordo com a demanda do seu entorno.

> "Essa criação de zonas produtivas é uma estratégia que possibilita a gestão do sistema, devendo ser feita para subdividir áreas da cidade levando em consideração o número de residentes e áreas disponíveis para a utilização da agricultura urbana, bem como planejamento da implantação dos equipamentos de apoio." (PERINI, 2015)



Mapa de zonas e de terrenos selecionados para implantação das hortas urbanas.
Fonte: elaboração própria a partir de base cartográfica da Prefeitura Municipal de Florianópolis.

Paralelamente, percebeu-se a falta de manutenção das praças e áreas públicas do bairro que se apresentam, em sua maioria, como grandes terrenos gramados com pouca infraestrutura. Portanto, consistem em um grande potencial para a implantação de hortas comunitárias, incentivando a população a viver uma interação saudável, de modo a participar na produção de seu próprio alimento e promover uma rica troca de conhecimentos e experiências, possibilitando que se adquira respeito pela natureza e pelo outro.

O zoneamento do bairro viabilizou a definição de um método de produção de alimentos em conjunto com o tratamento de resíduos, baseado na definição de terrenos que poderão ser cultivados pela comunidade do entorno. Para o sucesso do projeto, é necessária uma agenda constante de atividades, tanto educativas como informativas, de modo a instigar o interesse da comunidade para

o tema e para mostrar que é possível um estilo de vida mais saudável e sustentável. Assim, incentiva-se o contato com a terra e a apropriação desses espaços vazios de modo a fomentar a organização social da população.

Sugere-se que cada horta urbana deva contar com um zelador permacultural devidamente qualificado por um Programa de formação da Prefeitura – preferencialmente morador do bairro –, que será responsável pela gestão da horta e do pátio de compostagem e poderá auxiliar e compartilhar conhecimento com aqueles interessados em terem sua própria horta e cultivar seus próprios alimentos.

5. CONCLUSÃO

Por fim, expõe-se a necessidade de retomar a relação entre a cidade e o campo como uma forma de reintroduzir a natureza no cotidiano da população urbana. A prática da Permacultura nas cidades é entendida como um meio de obter-se um estilo de vida mais saudável e sustentável, incentivando o consumo de alimentos orgânicos e um modelo de urbanidade mais viva, contribuindo para a segurança alimentar das populações urbanas mais vulneráveis e fomentando a vida comunitária.

Vê-se clara a relação entre a agricultura urbana e as dinâmicas das cidades e os sistemas de abastecimento e gestão urbana, constatando-se a possibilidade do fechamento de um ciclo natural dentro do espaço urbano através da associação do sistema de produção alimentícia e de destinação de resíduos - sendo justamente o fechamento desse ciclo a cultura de permanência proposta pela permacultura. Assim, admite-se a necessidade do sistema de produção de alimentos ser reconhecida e incentivada pelo poder público por meio de políticas públicas específicas, considerando-a como um uso que propõe uma importante função social da terra, visto os benefícios promovidos para a população local.

O estudo de caso realizado mostra a possibilidade da adaptação da permacultura no meio urbano, considerando a grande quantidade de espaços ociosos públicos e privados presentes no bairro, uma característica presente nas cidades brasileiras como uma consequência da especulação imobiliária e da falta de investimento público em áreas verdes de lazer. Além de um incentivo à hábitos mais saudáveis, a prática dessas atividades pode ser vista como uma nova fonte de renda para a população urbana. Considera-se oportuna e necessária a promoção de um futuro mais verde para as cidades, e que ofereça oportunidades de trabalho e renda, além de uma alimentação mais saudável e responsável às atuais e futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei de Segurança Alimentar e Nutricional - Lei nº 11.346, DE 15 DE SETEMBRO DE 2006.

HOWARD, Ebenezer. *Garden Cities of To-Morrow*. London: Sonnenschein & Co, 1902. 195p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. CENSO AGROPECUÁRIO 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

MOLLISON, Bill.; HOLMGREN, David. Permacultura um: uma agricultura permanente nas comunidades em geral. São Paulo: Ground, 1983.

STEEL, Carolyn. *Hungry City: How food shapes our lives*. London: Random House UK, 2008. 400p.

PERINI, Deloan M. MODELO DE AGRICULTURA URBANA COMO INOVAÇÃO NO PROCESSO DE ABASTECIMENTO DE ALIMENTOS EM CIDADES DE PEQUENO PORTE. Prêmio Jovem Cientista, 2015

318. UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS SÓCIO-CULTURAIS NAS RENOVAÇÕES DE ÁREAS VERDES URBANAS DE PASSO FUNDO

MELO, Evanisa Fatima Reginatto Quevedo[*1](evanisa9@gmail.com); KRESSIN, Melina Sincas*[1] *(melsincas@outlook.com); MELO, Ricardo Henrique Quevedo*[1](email; GRANDO, Dionatan Gassen*[1] *(arq.grando@outlook.com); DESTRI, Lucas Manica*[1] *(destrilucas@gmail.com)*
[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO

As áreas verdes urbanas têm um importante papel na vida cotidiana da população devido à necessidade do contato do ser humano com o ambiente natural em momentos de ócio e lazer. Na cidade de Passo Fundo, localizada no norte do estado do Rio Grande do Sul, o ano de 2016 foi marcado por uma série de renovações urbanas em ambientes de lazer público. Com diversas melhorias na infraestrutura do Parque da Gare e implantação do novo espaço público Parque Ambiental Banhado da Vergueiro, bem como a revitalização de canteiros centrais da Avenida Brasil, por onde passa a ciclovia. Este artigo tem como objetivo analisar os impactos sócio-culturais obtidos a partir da renovação destas áreas verdes, especificamente, como as áreas verdes urbanas podem impactar no cotidiano da população; apontar as modificações acontecidas nas áreas verdes da cidade de Passo Fundo; e particularizar o público que utiliza esses diferentes espaços urbanos, bem como a motivação que leva a ocupa-los. Isto fora realizado por meio de revisão bibliográfica; análise *in loco* dos espaços estudados; registros fotográficos dos locais de pesquisa; e tomada de opinião dos usuários destas áreas. Com isso, foi identificado que o espaço público qualificado convida a população a ocupa-lo. E se tratando de áreas verdes, tal ocupação implica na convivência no ambiente comunitário, em uma inter-relação cidadão-cidade, por meio da conexão com o ambiente natural. As renovações promovidas na cidade de Passo Fundo atraíram a população a utilizar os espaços já antes existentes, como resultado, a população se beneficia com tais espaços de lazer, promovendo a sustentabilidade em seu conceito mais amplo: promovendo qualidade de vida com a implementação de políticas sociais voltadas para o ambiente natural público.
Palavras-chave: áreas verdes; renovação urbana; espaço público; sustentabilidade social.

AN ANALIZIS OVER THE SOCIAL-CULTURAL IMPACTS OF URBAN GREEN AREA RENOVATIONS IN PASSO FUNDO

ABSTRACT

Urban green areas have a major role on population everyday life do to the necessity humans have of being in contact with natural environment, specially on moment of leisure. The year of 2016 marked Passo Fundo city with a series of urban renovations on public leisure sites, it was promoted a series of improvements over Gare Park and the implantation of a new public space, the Vergueiro Swamp Environmentalist Park, as well as the revitalization of Brasil Avenue central plats where the bicycle lane goes through. This article aims to analyze the socio-cultural effets obtained since the renovation of this areas, specifically it intends to precise how urban green areas can impact people's everyday life; point out the modifications occurred on Passo Fundo city green areas; and specify the public that occupies these different spaces, as well as the motivation that leads to the occupation. This had been done through bibliographic review; *in loco* analysis; photographic review of research

area; and interviewing the population that uses this spaces. By this means, it was identified that qualiffied public spaces invite population to occupy it, and, in the case of green areas, this occupation implies in coexisting in the natural environment. The renovations promoted in this city attracted the population into using public spaces that were there before, as a result, the population beneficiates of this sites, promoting the sustainability broadly: promoting quality of life with the implementation of social policies aimed at the public natural environment.
Keywords: green areas; urban renovation; public space; social sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, metade da população mundial vive em cidades. O aumento maior tem ocorrido em cidades de pequeno e médio porte, e isso se reflete na qualidade do desenvolvimento das cidades, uma vez que o desenvolvimento não planejado sobrecarrega a capacidade de planejamento das administrações locais (BIRKMANN et al., 2016), o resultado são cidades doentes, carentes de vida comunitária urbana tendo como consequência a insegurança. Nesse cenário, o espaço público tem sido relegado ao segundo plano, uma vez que o crescimento das cidades está voltado para o processo desenvolvimentista e individualista que está em função da propriedade privada em detrimento do espaço público (ROGERS, GUMUCHDJIAN, 2016).

O espaço público consiste no espaço existente entre os limites das edificações. É por ele que as pessoas circulam e é no espaço público que as manifestações e as interações sociais acontecem (LEITÃO, 2002). As áreas verdes, nesse contexto, são áreas complexas, uma vez que exercem múltiplas funções dentro do cenário urbano: a função ecológica, já que a vegetação promove a drenagem do solo, a diminuição das temperaturas e dissipação de ilhas de calor do entorno, bem como a promoção da diversidade da flora urbana; a função estética, pelo contraste das áreas verdes com a área construída, embelezando as cidades com o ambiente natural; a função recreativa ou de lazer; e, por serem espaços públicos, cumulam as funções antes atribuídas a estes. Desse modo, as áreas verdes exercem um papel fundamental na manutenção da sanidade do ambiente urbano. Além disso, as áreas verdes têm impacto direto na vida dos cidadãos. Estudos apontam que pessoas que têm contato com o ambiente natural tem o teor de stress reduzido, promovendo a qualidade de vida àqueles que têm acesso a tais ambientes (MARTIN, 2015). Além disso, as áreas verdes são conhecidas por promover a prática de atividades físicas de modo que, além de auxiliar na saúde psíquica, também tem um impacto positivo na saúde física de seus usuários (LIBRETT et al., 2007).

A sustentabilidade social é um dos conceitos que englobam o conceito de sustentabilidade. No contexto urbano, a sustentabilidade social diz respeito a dar acesso aos mais variados estratos da sociedade ao espaço público (GEHL, 2015), aplicando tal conceito às áreas verdes, trata-se criar áreas verdes que atendam a todos os grupos da sociedade, de modo a todos os habitantes poder usufruir igualitariamente dos benefícios provenientes das áreas verdes.

Ao longo da formação da cidade de Passo Fundo, as áreas verdes exerceram um papel estrutural. Localizada no norte do estado do Rio Grande do Sul, a cidade foi constituída como ponto de parada para as tropas de charqueadas saídas da região da campanha gaúcha e que levavam gado e charque para São Paulo (FERRETO, 2012). Como característica das cidades tropeiras, a linearidade de Passo Fundo fica bastante marcada ao longo da avenida principal, a Avenida Brasil, destacada pelos grandes canteiros centrais, formando praças centrais por toda sua extensão oeste, de modo que tais canteiros demarcam uma característica da cidade: a presença de áreas verdes concomitantes ao ambiente urbano.

No ano de 2016, por iniciativa da prefeitura, a cidade de Passo Fundo passou por uma série de transformações urbanas. Primeiramente, foi implantada uma ciclovia aproveitando os largos

canteiros centrais da Avenida Brasil, junto a qual foram realizados projetos de revitalização de alguns canteiros e melhorias na iluminação global da área. Ainda, foram inaugurados dois parques urbanos: o Parque da Gare, parque já existente na cidade, recebeu revitalização expressiva; e o Parque Ecológico do Banhado da Vergueiro, equipamento urbano novo, com característica diferenciada de proteção ambiental aliada ao lazer público. Com a renovação do espaço público pode ser observada uma mudança no modo de ocupação da cidade.
Sendo o espaço público, fundamentalmente, um espaço de manifestação democrática (LEITÃO, 2005), as áreas verdes públicas acumulam mais essa função. Tendo sido observadas as mudanças na cidade de Passo Fundo, busca-se a extensão dessa revitalização na vida cotidiana das pessoas, isto é, qual a o impacto que tais modificações tiveram sobre a população e se a revitalização urbana ocorreu de forma inclusiva e democrática.

2. OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo principal a análise dos impactos sócio-culturais das renovações das áreas verdes urbanas ocorridas na cidade de Passo Fundo. Tendo em vista que tais áreas formam um sistema de lazer público, procurou-se estabelecer com que extensão as renovações feitas no espaço público afetaram a vidas dos habitantes, tanto quanto à área de abrangência dos parques e áreas verdes, como quanto à forma de ocupação de tais áreas.
De maneira específica, a pesquisa pretendeu analisar como as áreas verdes urbanas podem impactar no cotidiano da população, isto é, qual o propósito da existência de áreas verdes no espaço urbano e como a existência de tais ambientes pode influenciar na vida urbana. Além disso, a pesquisa apresenta as mudanças promovidas na cidade, sendo que, junto a isso, e de maneira mais destacada, particulariza o público que utiliza esses diferentes espaços urbanos e a o que o motiva a utilizá-los.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Foram desenvolvidos levantamentos sobre as áreas analisadas, quais sejam, os canteiros centrais da Avenida Brasil, especificamente, os que abrigam a ciclovia; o Parque da Gare; e o Parque Ambiental do Banhado da Vergueiro. Nesse momento foram analisadas as mudanças físicas promovidas pela revitalização, e as características que distinguem esses ambientes que fazem parte do sistema de lazer público da cidade. Esses levantamentos foram realizados através da análise *in loco* dos ambientes e por levantamentos fotográficos.
Finalmente, de modo a apreender a percepção do usurário sobre os espaços pesquisados, foram realizadas entrevistas com a população ocupante dos parques urbanos analisados. De modo a especificar o usuário desses ambientes distintos, respondendo a questão de quem ocupa tais locais, foram analisados: gênero, faixa etária e ocupação. Para determinar a área de abrangência dessas áreas, os pesquisados foram questionados quanto à cidade e bairro onde moram e como chegam aos locais pesquisados. Por fim, para determinar a motivação da ocupação de tais espaços, isto é, respondendo ao componente por que, os pesquisados foram indagados se já ocupavam esses espaços antes das revitalizações, o que os levou a ocupa-los, e o que mais lhes agradam com relação àquele local em especial. Ainda, os pesquisados foram convidados a dar sugestões de melhorias aos locais de pesquisa. Dessa maneira, foi possível particularizar o público de cada um dos espaços analisados, a área de influência de cada um dos equipamentos, e a motivação de uso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 OS CANTEIROS DA AVENIDA BRASIL

A Avenida Brasil corta a cidade de Passo Fundo no sentido Leste-Oeste e os canteiros mais largos estão localizados na porção leste da cidade. Os canteiros se caracterizam por terem a extensão de uma quadra e terem largura suficiente para comportarem pequenas praças. Em 2016, esses canteiros receberam a ciclovia, como primeira parte do projeto Passo Fundo Vai de Bici, que também contou com a implantação de estacionamentos para bicicletas e sistema público de empréstimo de bicicletas.

Os canteiros formam um sistema de áreas verdes central, linear e estruturador da principal via da cidade, de modo a ser elemento de legibilidade urbana. Ainda, cada canteiro têm suas particularidades, dependendo do local onde se encontra e do modo de ocupação já consolidado pela população. Concomitante à implantação da ciclovia, o processo de revitalização dessa coluna verde na cidade contou também com a completa revitalização dos canteiros junto ao centro histórico da cidade, ponto de partida do trajeto da ciclovia, bem como a iluminação de alguns canteiros que contam com maior número de mobiliário e equipamentos públicos. Com isso, os canteiros que já antes eram observados como menos ocupados, permaneceram como tal, estando carentes de iluminação e atrativos.

Segundo a pesquisa realizada no local, tal como a tipologia do local dá a entender, a ocupação predominante dos canteiros é de passagem (Figura 1), como local alternativo às calçadas, por conter maior quantidade de vegetação e menor densidade de uso por pedestres. Outra forma marcante de uso dos canteiros é para o descanso de transeuntes: localizados na porção central da cidade, os canteiros atraem os pedestres e usuários de transporte público que se deslocam para o centro para a realização de tarefas diárias e encontram esses espaços verdes como refúgio, por conterem áreas de estar e mesmo de lazer. Quanto aos usos, observa-se, destacadamente, o uso como passagem, ócio e contemplação e para a prática esportiva. Não houve expressividade no uso para ocupação de brinquedos e playground, fato atribuído à faixa etária prevalente dos ocupantes dessas áreas (Figura 2), e à falta de locais adequados ou atraentes à população para tal atividade. Apesar de ter sido constatado o uso desse espaço anterior à implantação da ciclovia, ficou evidente que a existência da mesma promoveu a ocupação do local de forma diferenciada. Antes da implantação, os canteiros eram utilizados marcadamente como local de passagem ou para permanência por alguns instantes. Contudo, com o advento da ciclovia, o uso passa a ser específico, isto é, hoje, há aqueles que saem de casa com o propósito específico do uso dos canteiros para a prática esportiva, já que, junto à ciclovia, fora implantada faixa de lazer.

Figura 1. Usos predominantes dos canteiros da Avenida Brasil, Passo Fundo, RS, 2016

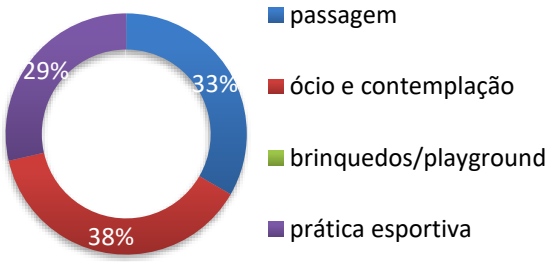
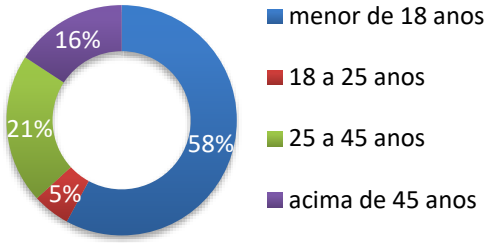


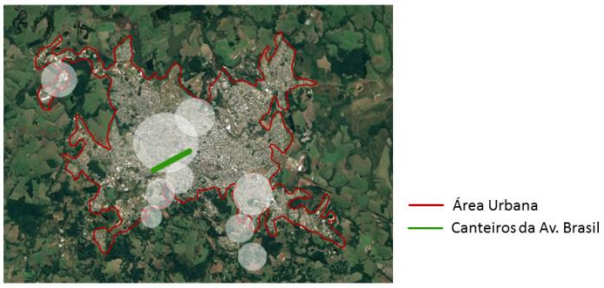
Figura 2. Faixa etária dos usuários dos canteiros da Av. Brasil, 2016



Apesar de haverem sido relatados o uso dos canteiros para ócio e lazer, estas atividades ficam concentradas nos finais de semana, enquanto o uso como local de passagem e para a prática esportiva – marcadamente, para a prática de ciclismo, corrida e caminhada – acontece ao longo de toda a semana.

Com relação ao público predominante na área, observa-se uma grande diversidade na ocupação dos canteiros, isto é, eles são ocupados pelos mais diferentes públicos e grupos da sociedade. Destaca-se a predominância de usuários menores de 18 anos (Figura 2), majoritariamente de adolescentes – a partir dos 12 anos de idade –, que utilizam o local como ponto de encontro, local de passagem ou mesmo para a prática esportiva. Ademais, a ocupação do parque se apresenta bastante diversificada, compreendendo estudantes de escola pública e privada, trabalhadores e aposentados.

Figura 3. Área de abrangência dos canteiros da Avenida Brasil em relação à origem dos usuários



**Os círculos mostram a área de abrangência predominante dos canteiros*

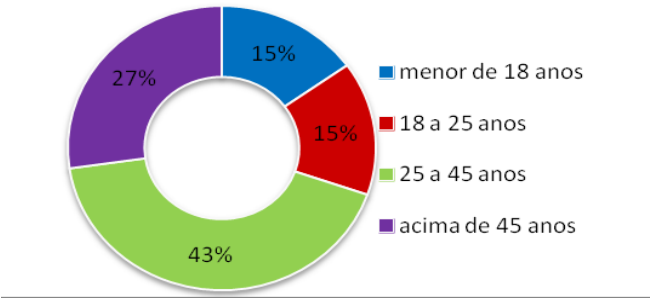
Quanto à abrangência, observa-se que os usuários vêm dos mais diferentes locais da cidade e de cidades vizinhas. Contudo, há predominância de usuários do centro da cidade, sendo que 40% dos entrevistados indicaram que moram no centro. Ainda, observou-se um elevado número de usuários vindos de outras cidades (23% dos entrevistados). Dessa forma, observa-se uma grande área de abrangência que essa área exerce na cidade (Figura 3). A forma de transporte utilizado pela maior parte dos usuários para chegar até o centro e aos canteiros é por meio de transporte público e a pé, sendo que os usuários da ciclovia costumam ir até ela de bicicleta e, então, utilizá-la como área de lazer.

4.2 O PARQUE DA GARE

O Parque da Gare é um espaço público junto à antiga estação ferroviária da cidade de Passo Fundo. Desativada na década de 1980, a área foi destinada a um parque urbano. Contudo, a área foi negligenciada pela prefeitura, de modo que a área abrigava pista de skate, altar da pátria, alguns monumentos e playground, contudo sem projeto específico, a área restou marginalizada (MELO et

al., 2016). No ano de 2016 foi inaugurado o parque revitalizado, agora contando com unidade visual, recebe um número muito maior de frequentadores.
São características do parque a presença da feira do produtor e a presença de praticantes de skateboard, bicicleta BMX e de esportes de quadra. A revitalização consolidou esses usos, dando espaços adequados aos usuários. Outra característica marcante são as grandes áreas gramadas, que convidam os usuários a sentar na grama, bem como o lago artificial gerado pelas águas das cinco nascentes presentes no parque, criando um grande ambiente de estar à beira do lago (MELO et. al., 2016).
Quanto à característica dos usuários, há prevalência de trabalhadores entre os 25 e 45 anos (Figura 4). Contudo, o parque não exclui nenhuma faixa etária e social, sendo utilizado por estudantes de escolas públicas e privadas, trabalhadores e aposentados, o que demonstra ampla democratização do uso desse ambiente urbano. Os usos prevalentes são para ócio e lazer e para a prática esportiva, sendo que, para este uso, destacam-se os praticantes de skateboard, com quem o parque tem uma relação estreita, uma vez que antes mesmo de haver a reforma do parque, os skatistas sempre utilizaram o Parque da Gare como ponto de convergência dos praticantes do esporte, ainda que com a precariedade da pista antiga. Com a reforma, os skatistas relatam o aumento do número de novos praticantes do esporte e atribuem isso às boas condições e bom projeto da nova pista, bem como à boa iluminação.

Figura 4. Faixa etária do público do Parque da Gare



O alcance do parque também é bastante abrangente, sendo utilizado por habitantes dos mais diversos bairros e também de cidades vizinhas, Figuras 5 e 6, havendo prevalência de usuários residentes no bairro centro, 27% dos entrevistados. Importante destacar, como fica evidenciado na Figura 5, que os usuários costumam chegar ao parque via veículo particular, o que demonstra que o parque é uma destinação final, e não somente um ponto de passagem.
Refletindo a preferência da sociedade no uso de automóvel particular, apesar de o parque contar com uma estação de empréstimo de bicicletas e uma ciclovia interna, foi inexpressivo o numero de usuários utilizando a bicicleta como meio de locomoção para o parque.

Figura 5. Localização dos usuários do Parque da Gare de acordo com domicílios

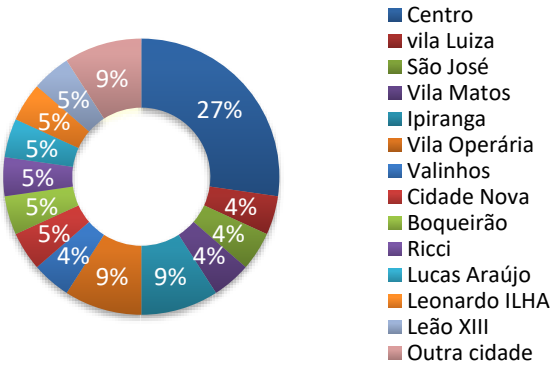


Figura 6. Área de abrangência do Parque da Gare em relação à origem dos usuários em Passo Fundo



**Os círculos mostram a área de abrangência predominante do Parque da Gare*

Outro aspecto em destaque é que 61% dos usuários entrevistados não utilizavam o parque antes da reforma de 2016, sendo citada a insegurança como o principal motivo para o afastamento do público (Figura 7). Assim, atualmente os participantes citam a segurança como motivação de uso do parque após a reestruturação (Figura 8), contudo esse fator tem sido citado junto com a boa conservação, a beleza do parque e o maior número de pessoas e de atrações, de modo que o usuário percebe que a segurança do parque acontece por decorrência dos demais fatores, e não como consequência direta da presença de policiamento interno, fato este não citado por nenhum entrevistado ao longo da pesquisa.

Figura 7. Motivos que afastavam a população do Parque da Gare antes da revitalização

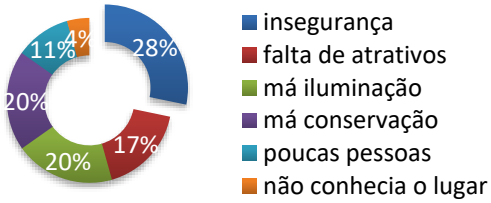
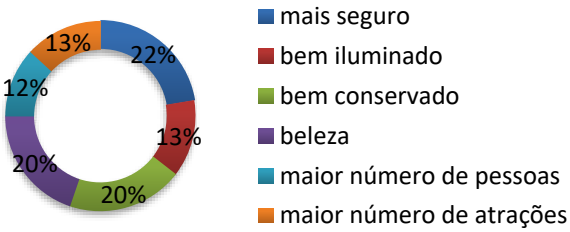


Figura 8. Motivação para utilizar o Parque da Gare a partir da revitalização



4.3 O PARQUE AMBIENTAL DO BANHADO DA VERGUEIRO

Localizado no primeiro bairro de Passo Fundo destinado às elites, o loteamento Vila Vegueiro, espaço onde hoje está implantado o parque, foi inicialmente proposto como uma praça, contudo, esse projeto nunca foi consolidado, de modo que o espaço tornou-se terreno baldio, sem acesso ao público (MELO, CARESEK, 2016; *op. sit*., 2016). Segundo Melo e Caresek (2016), houve diversas tentativas de sanar os graves problemas decorrentes da desqualificação do espaço aberto, muitos projetos foram apresentados, mas a maioria deles sempre esbarrou em questões de execução, problemas financeiros, falta de interesse, rixas e indisposições políticas.

Em meados de 2016, foi inaugurado o Parque Ambiental do Banhado da Vergueiro, o parque tem a característica diferenciada de aliar a proteção ambiental com espaços de trabalho, bem estar e lazer. Adotando uma tipologia fechada, com cercamento no entorno da área e horários de utilização, o parque se distingue nos usos e nos propósitos iniciais, quais sejam o de manutenção do bioma e preservação ambiental (MELO, CARASEK, 2016). Dessa forma, foi possível observar uma grande diferença de usos e propósitos para este parque quando comparado ao Parque da Gare, inaugurado no mesmo ano, enfatizada pela existência da secretaria de meio ambiente dentro das dependências do parque.

Com relação ao público, observa-se uma maior concentração de habitantes das redondezas do parque, habitantes do bairro Centro, Vila Vergueiro, Santa Terezinha e Vera Cruz, em um raio de 1,3km de distância, Figura 9.

Figura 9. Área de abrangência do Parque Ambiental do Banhado da Vergueiro em relação à origem dos usuários



**Os círculos apontam a área de influência do parque*

Apesar disso, os usuários indicaram que se deslocam ao parque de automóvel particular, Figura 11), especialmente aqueles que apontaram o uso do parque para levar as crianças para brincar no

playground. Os usuários que utilizam o parque para a prática esportiva costumam se deslocar para o parque a pé, assim como as que utilizam o parque como área para passear com o cachorro, sendo este habito um uso bastante destacado pelos frequentadores do parque, Figura 10. Esses usos, por vezes, criam um atrito entre os usuários. Como o parque é cercado, muitos usuários optam pelo uso desse espaço para deixar os cães soltos no local, o que acaba por gerar um conflito com o propósito de preservação do ecossistema local e mesmo com as crianças que ocupam o playground, que acabam, por vezes, assustadas pelos cachorros soltos da coleira

Figura 10. Finalidade de uso do Parque Ambiental do Banhado da Vergueiro

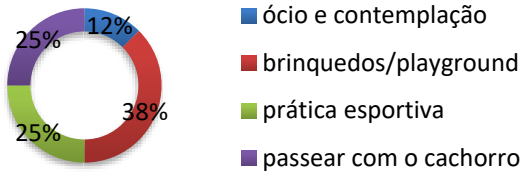
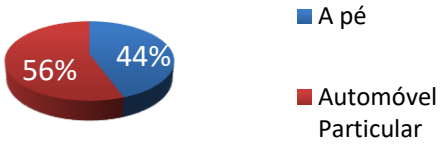


Figura 11. Método de transporte utilizado para deslocar-se até o parque



Assim, é importante destacar a preponderância de usuários que optam por utilizar este parque para levar os cães passear, para levar as crianças para brincar e mesmo para ócio e contemplação, por ser um espaço fechado que garante a tranquilidade e segurança do local Figura 12, uma vez que não há perigo iminente de contato com as vias circundantes. Contudo, um fator muito apontado pelos usuários é com relação ao público que utiliza o parque, apontado como “mais seleto” e “mais familiar”, quando em comparação aos outros espaços públicos da cidade, uma vez que o espaço é ocupado por uma faixa etária predominante de menores de 18 anos de idade acompanhados de adultos entre 25 e 45 anos, demonstrando um ambiente frequentado principalmente por famílias (Figura 13)

Figura 12. O que a população mais gosta no Parque Ambiental Banhado da Vergueiro

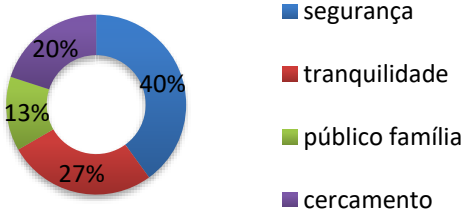
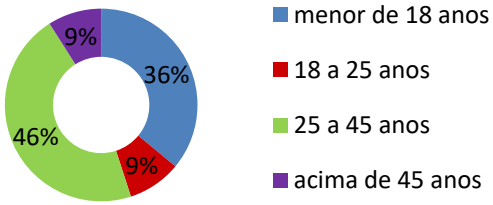


Figura 13. Faixa etária predominante



4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dos resultados, infere-se que, as renovações promovidas na cidade de Passo Fundo atraíram a população a usar essas áreas. De modo geral, houve um aumento de 81% no uso dos espaços públicos com as renovações, podendo afirmar que um espaço qualificado atrai a população a utilizá-lo. Assim, as renovações tiveram um impacto positivo na vida urbana, por promoverem a ocupação de espaços públicos.

Contudo isso não ocorreu de forma igualitária em todos os ambientes analisados: enquanto o Parque da Gare recebe visitantes vindos de todos os pontos da cidade, o Parque Ambiental do Banhado da Vergueiro ainda tem seu público mais concentrado em seus arredores. Isso dá-se ao fato da localização de cada um dos parques, um mais retirado com relação ao centro e posicionado em um bairro historicamente mais elitizado, enquanto outro, posicionado no centro, recebe um maior fluxo de pessoas. Ainda, com relação aos canteiros da Avenida Brasil, observa-se que a área ainda não é apropriada como um complexo de áreas verdes de lazer e de bem estar, sendo mais compreendidos como local de passagem. Disso, infere-se que quanto mais qualificada a área verde, caso dos Parques da Gare e do Banhado da Vergueiro, mais intensiva é a ocupação desses espaços.

5. CONCLUSÃO

As áreas verdes contribuem para a sustentabilidade ambiental do ambiente urbano, mas, mais do que isso, elas contribuem para o aspecto social do conceito de sustentabilidade, uma vez que apresentam um local adequado para as mais variadas demonstrações sociais, especialmente as de lazer e recreação. Contudo as áreas verdes só terão impacto efetivo na dimensão social se atenderem à sociedade urbana como um todo.

A ocupação de áreas verdes públicas implica na convivência no ambiente comunitário, em uma inter-relação cidadão-cidade, por meio da conexão com o ambiente natural e construído. As renovações promovidas na cidade de Passo Fundo atraíram a população a utilizar os espaços já antes existentes, como resultado, a população se beneficia com tais espaços de lazer, promovendo a sustentabilidade social: promovendo qualidade de vida com a implementação de políticas sociais voltadas para o ambiente natural público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIRKMANN, J.; WELLE, T.; SOLECKI, W.; LWASA, S.; GARSHAGEN, M. Boost resilience of small and mid-sized cities. Revista Nature. V. 537, p. 605-608, 2016.

FERRRETTO, D. Passo Fundo: Estruturação urbana de uma cidade média gaúcha. São Paulo, 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

GEHL, Jian. Cidade para pessoas. São Paulo: Perspectiva, 2015.

LEITÃO, L. As praças que a gente tem, as praças que a gente quer: manual de procedimento para internveção em praças. Recife, secretaria de planejamento urbano do Recife, 2002. 118p.

LIBRETT, J., HENDERSON, K., GODBEY, G., MORROW JR J. R.. An introduction to parks, recreation, and public health: Collaborative frameworks for promoting physical activity. Journal of Physical Activity & Health, 4, S1-S13, 2007.

MARTIN, K. Designing outdoor public spaces is vital to the future of our cities. Metropolis Magazine. Jul. Ago. 2015.

MELO, E.F.R.Q.; CARASEK, M. Parques urbanos: Histórico e preservação do Parque Ambiental do Banhado da Vergueiro, em Passo Fundo, RS. Artigo apresentado no 4º Colóquio Ibero-Americano de Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto. Belo Horizonte: 2016.

MELO, E.F.R.Q; KRESSIN, M.S.; DESTRI, L. M.; GRANDO, D.G.; SILVA, L.A. A Gare e seus desafios: o impacto da requalificação do ambiente natural do ambiente natural inserido no espaço urbano. Artigo apresentado no 4º Colóquio Ibero-Americano de Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto. Belo Horizonte: 2016.

ROGERS, R.; GUMUCHIDIJAN, P. Cidades para um pequeno planeta. São Paulo: Gustavo Gili, 2015.

320. ATENUAÇÃO SOLAR E SOMBREAMENTO PRODUZIDO POR ESPÉCIES DE PALMEIRAS EM ÁREAS URBANAS

RIBEIRO, Neusa. L. de S.[1](neusalsribeiro@yahoo.com.br); LABAKI, Lucila C.[2](llabaki@gmail.com); AMORIM, Adriana E. B. [3](adrianaeloa@gmail.com)*
[1, 2]PPGATC - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil
[3]PPGENC - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Vários estudos sobre o conforto térmico proporcionado por espécies arbóreas no microclima urbano demonstraram seus efeitos no arrefecimento da temperatura, principalmente no verão em regiões de clima tropical. Entretanto, em diversas cidades brasileiras, a arborização urbana e o paisagismo nas áreas privadas têm função prioritariamente estética, com larga utilização de espécies de palmeiras. Constatou-se que há poucos estudos, tanto no Brasil quanto no exterior, sobre a quantificação de mitigação de calor proporcionado por estas espécies. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar o comportamento das palmeiras, quanto à atenuação solar e qualidade de sombreamento produzido em áreas urbanas, em região de clima tropical de altitude. Trata-se de uma pesquisa exploratória e qualitativa, para a qual foram selecionadas três diferentes espécies de palmeiras: "Rabo de Raposa" (*Wodyetia bifurcata), "*Tamareira" (*Phoenix dactylifera*) e "Washingtônia" (*Washingtonia robusta*). Uma amostra de cada tipo foi plantada isoladamente, em gramado extenso, no Campus da Universidade Estadual de Campinas, em São Paulo. O local, de topografia pouco acidentada, não sofre interferência de sombreamento de edifícios ou de outras espécies arbóreas. A obtenção de dados quantitativos consiste na medição da temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar, ao sol e à sombra de cada espécie de palmeira, ao longo de três dias, no período de nove horas/dia, na primavera de 2016. Resultados preliminares mostram que a "Washingtônia" apresentou maior atenuação da radiação solar em relação à "Tamareira" e à "Rabo de Raposa", confirmando o efeito de arrefecimento das palmeiras, com diferenças de comportamento entre as espécies. Outras coletas de dados serão feitas no verão, outono e inverno, para obtenção de resultados em função da posição solar. Esses resultados fornecerão subsídios importantes aos paisagistas sobre o uso das palmeiras, levando em conta o efeito térmico, além da estética.
Palavras-chave: conforto térmico; palmeiras; atenuação solar; sombreamento.

ATTENUATION OF SOLAR RADIATION AND SHADING PROVIDED BY PALM TREES SPECIES IN URBAN AREAS

ABSTRACT

Several studies on the thermal comfort provided by tree species in urban microclimate demonstrated their effects on the cooling temperature, especially in summer in tropical regions. However, in many Brazilian cities, urban forestry and landscaping in private areas have primarily aesthetic function, with extensive use of palm species. It was noticed that there are few studies on the measurement of heat mitigation provided by these species, both in Brazil and abroad. In this context, the objective of this research is to evaluate the behavior of palm trees, regarding the solar attenuation and quality shading produced in urban areas, in altitude tropical climate region. This is an exploratory and

qualitative research, for which were selected three different types of palm trees, "Rabo de Raposa" (*Wodyetia bifurcata*), "Tamareira" (*Phoenix dactylifera*) and "Washingtônia" (*Washingtonia robusta*). A sample of each type was planted alone, on extensive lawn, at the campus of the State University of Campinas, in São Paulo. The site, with a slightly rugged topography, does not suffer interference from the shading of buildings or other tree species. Obtaining of quantitative data consists of measurement of air temperature, globe temperature, relative air humidity, wind speed and solar radiation, under sunlight and under shade. Measurements of the environmental variables under the sun and shade position of each species of palm were carried out over three days during the nine-hour/day period in the spring of 2016. Preliminary results showed that "Washingtônia" presented a greater attenuation of the Solar in comparison with "Tamareira" and "Rabo de Raposa", confirming the effect of cooling of the palms, different behavior among species. Other data collections will be made in the summer, autumn and winter, in order to obtain results according to different solar positions. These results provide important information to landscapers on the use of palm trees, taking into account the thermal effect, besides aesthetics.
Keywords: thermal comfort; palm trees; solar attenuation; shading.

1. INTRODUÇÃO

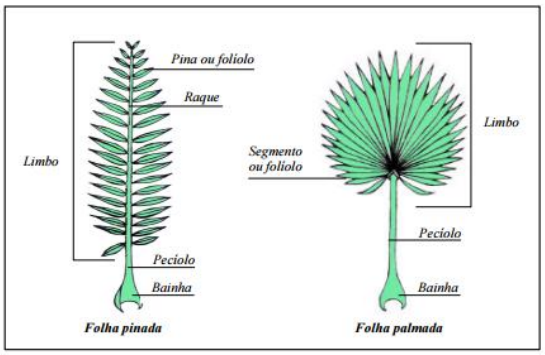
Na maioria das cidades, a natureza tem sido sistematicamente eliminada. A vegetação das áreas públicas e privadas tem função prioritariamente estética, e áreas pavimentadas predominam em empreendimentos imobiliários. As intervenções paisagísticas lançam mão de espécies restritas, raramente utilizando todo o potencial ecológico, com a biodiversidade nativa existente (HERZOG, 2013).

A arborização é fundamental para que as cidades sejam sustentáveis. As árvores têm importância no sistema biológico urbano, tanto nos espaços públicos quanto nos privados. Se de um lado as áreas mais artificializadas da cidade, como é o caso dos centros, produzem maiores alterações no clima local, por outro, as áreas que mais se aproximam da natureza, de lugares mais arborizados, apresentam um clima mais ameno. Segundo Cânovas (2014, p.1): “é notória esta diferença quando ficamos em pé sob uma árvore frondosa. Em nada se compara com a sombra de uma marquise onde, apesar do sombreado, o calor e a sensação térmica são intoleráveis”.

Entre outras espécies arbóreas, as palmeiras são as plantas mais características da flora tropical, com larga utilização na composição do paisagismo nacional, provocando fascínio por seu porte elegante. São plantas perenes, arborescentes, pertencentes à família *Arecaceae* (*Palmae*), monocotiledôneas, lenhosas, formando um grupo natural de plantas, com morfologia muito característica, que permite a sua identificação sem maiores dificuldades. Elas apresentam desenvolvimento perfeitamente individualizado, caracterizado quanto à forma e aspecto. Atualmente, registra-se a existência de aproximadamente 240 gêneros e 2700 espécies de palmeiras no mundo (LORENZI et al., 2010).

As folhas são os órgãos mais vistosos das palmeiras e apresentam uma grande diversidade de formas (ALVES, 1987): palmadas, pinadas, pinadas com fendilhamento parcial, pinadas bífidas ou bipartidas e bipinadas, conforme Figura 1. Por ser considerada escultural, a palmeira é uma opção muito utilizada no paisagismo, podendo ser plantada com alturas diversas e com as folhas já formadas, tendo efeito visual imediato (TRINDADE, 2010).

Figura 1. Esquema das folhas pinadas e palmadas de uma palmeira



Fonte: Sodré (2005).

O conhecimento das características de uma espécie arbórea, tal como sua arquitetura, é de extrema importância para que o plantio atinja os objetivos esperados (LORENZI, 1998; BORTOLETO; SILVA FILHO; LIMA, 2005; ANGELIS NETO et al., 2006), seja estético, segurança, conforto térmico.
Segundo Alves (1987), as palmeiras têm capacidade de modificar alguns microclimas. Quando agrupadas em áreas extensas, permitem que o vento circule livremente abaixo de sua copa, refrescando ambientes onde a sobrevivência humana seria impossível sem a sua presença.
Na literatura há pesquisas científicas que trataram sobre o desempenho de diversas espécies arbóreas quanto à atenuação da radiação solar (BUENO-BARTHOLOMEI; LABAKI, 2003; GOMES; AMORIM, 2006; ABREU; LABAKI, 2010; OLIVEIRA et al., 2013). Porém há poucos estudos sobre o efeito das palmeiras nos microclimas urbanos.
Para o estudo da vegetação como atenuadora de radiação solar é necessário considerar as relações entre indivíduos arbóreos, o meio e a radiação incidente, levando-se em conta as características peculiares de cada espécie (LABAKI et al., 2011).
Para Shashua-Bar (2010), o arrefecimento urbano é atribuído à evapotranspiração e tem relação com a área total de vegetação e os edifícios de seu entorno, geometria, regime de vento. O seu estudo realizado na cidade de Tel Aviv, em Israel, comparou três espécies arbóreas quanto ao conforto térmico: o *Ficus retusa*, a *Tipuana tipo* e a palmeira *Phoenix dactylifera* (Tamareira). O efeito de resfriamento da Tamareira medido no verão em um clima quente e úmido em relação à estação meteorológica foi de 2,1°C a 2,5°C entre 12h e 15h. Portanto, as palmeiras se apresentaram adequadas à atenuação da radiação solar e ao sombreamento nas horas próximas ao meio dia.
As palmeiras foram estudadas também em Ghardaïa, Argélia por Bencheikh e Rchid (2012) que compararam o microclima de áreas verdes (palmeiral) ao de edificadas, por meio de medições de campo realizadas no verão. Os resultados apontaram que as temperaturas ao ar livre no centro do palmeiral foram inferiores de 5°C a 10°C em comparação à área edificada.
Obi e Chendo (2014) avaliaram a influência da vegetação para enfrentar o problema do estresse térmico e desconforto entre os moradores na área urbana de Enugu, Nigéria, localizada na zona de clima tropical úmido, com temperatura média diária de 26,7°C, durante todo o ano. A palmeira da espécie Tamareira apresentou temperatura radiante média de 25°C sob sua copa e a palmeira da espécie Coconut, apresentou 26°C, o que representa classificação: “acima de 50% da população sente desconforto”, segundo o Índice Termo-higrométrico de desconforto apresentado por Tzenkova et al. (2000).
Nota-se que os resultados dos trabalhos são semelhantes e há consenso entre os pesquisadores quanto à capacidade de arrefecimento das palmeiras analisadas, devido à sombra e

evapotranspiração. Quando agrupadas, o potencial aumenta, e podem representar uma estratégia bioclimática para microclimas urbanos mais confortáveis.
No Brasil, há alguns trabalhos que fazem referência à pequena área de sombra que a palmeira proporciona, como é o caso da pesquisa de Weirich et al. (2015), na qual identificaram a espécie arbórea *Roystonea oleracea* (Palmeira Imperial) como a mais comum nas avenidas avaliadas em Goiânia, Goiás. Segundo o estudo, em geral, palmeiras são bastante ornamentais e apropriadas ao paisagismo, porém para a arborização urbana, proporcionam pouca sombra.
Neste contexto, a motivação da pesquisa foi quantificar a capacidade de atenuação térmica proporcionada por diferentes espécies de palmeiras.

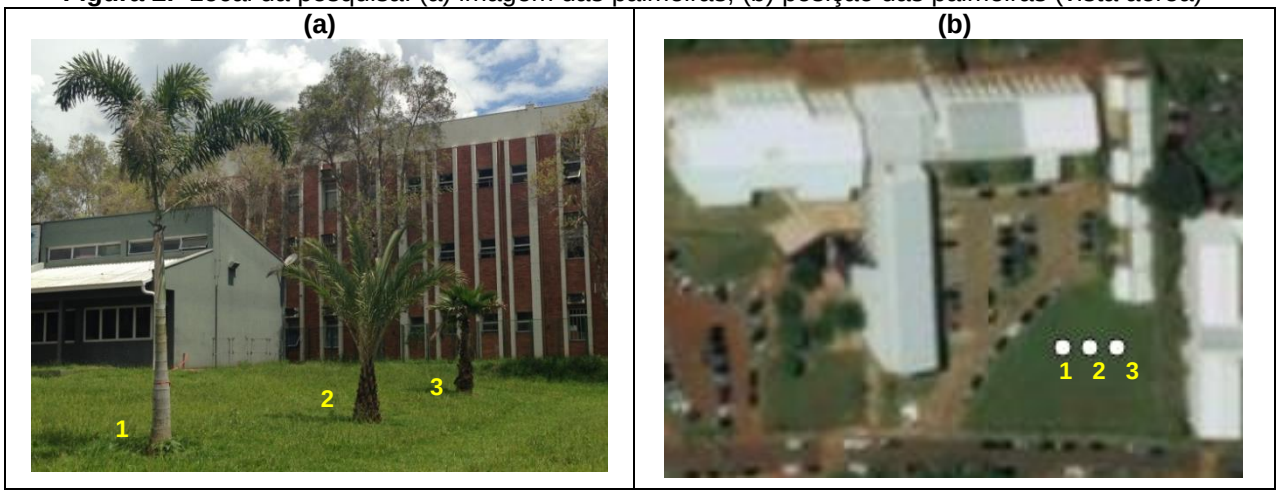
2. OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo contribuir para o conhecimento de algumas espécies de palmeiras sob o aspecto de atenuação solar, isto é, seu papel como mitigador da radiação solar, favorecendo a qualidade de sua sombra, em clima tropical de altitude.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa exploratória, com técnicas de coleta de dados quantitativos, através de medições de variáveis ambientais. A metodologia adotada foi adaptada de Bueno (1998), Bueno – Bartholomei e Labaki (2003) e Abreu e Labaki (2010).
A área de estudo, um terreno gramado de 1280 m², com topografia pouco acidentada, está localizada no Campus da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo (22°48’57” S; 47°03’33” O; elevação de 640m). O clima da cidade de Campinas é o tropical de altitude (tipo Cwa, de Köppen), com chuvas no verão e seca no inverno (CEPAGRI, 2016).
Como objetos de estudo, foram selecionadas três diferentes espécies de palmeiras: “Rabo de Raposa” (*Wodyetia bifurcata),* “Tamareira” (*Phoenix dactylifera*) e “Washingtônia” (*Washingtonia robusta*), com características específicas que as distinguem principalmente em relação às folhas.
A palmeira Rabo de Raposa apresenta tronco simples de 5,1m de altura e 0,16m de diâmetro. Possui folhas pinadas, com a região terminal recurvada e aspecto crespo, com folíolos numerosos, agrupados de espaço em espaço, inseridos em todas as direções, bi e trifurcados, em forma de cunha longa e estreita, com a parte terminal mais larga e irregularmente denteada.
A Tamareira possui tronco revestido pela base de folhas já caídas, com 0,27m de diâmetro, e 4,3m de altura. Suas folhas são pinadas, com numerosos folíolos, rijos, os da base transformados em espinhos.
A Washingtônia possui tronco revestido pela base de folhas já caídas, com 3,3m de altura e 0,35m de diâmetro, dilatado na base. As folhas são palmadas, em forma de leque, divididas até a metade, com segmentos rijos e pendentes, sustentadas por pecíolos fortemente denteados nas margens.
As três palmeiras foram plantadas alinhadas e distantes uma das outras de 7,0m (de eixo a eixo), posicionadas a 10,0m da edificação mais próxima, distantes de 9,0m da área pavimentada do estacionamento, para evitar interferência de sombra das copas umas nas outras e de elementos externos, como mostra a Figura 2a. As coordenadas das palmeiras foram obtidas por levantamento topográfico utilizando Estação Total da Leica, para serem inseridas no programa ArcGis online®, conforme Figura 2b.

Figura 2. Local da pesquisa: (a) imagem das palmeiras; (b) posição das palmeiras (vista aérea)



Nota: 1- Rabo de Raposa; 2- Tamareira; 3- Washingtônia

3.1 Medições das variáveis ambientais

Seguindo recomendações da norma ISO 7726 (2001), foram medidas as seguintes variáveis ambientais: temperatura do ar (Ta), temperatura de globo (Tg), umidade relativa do ar (Ur), velocidade do ar (Va) e radiação solar (Rad), na sombra de cada espécie de palmeira e ao sol (distante de 10,0 metros da planta). Os dados foram registrados de 10 em 10 minutos, por um período de nove horas/dia, ao longo de três dias, na primavera de 2016. As medições ocorreram em local que adotou o "horário brasileiro de verão" e foram corrigidas para o horário padrão de Brasília.

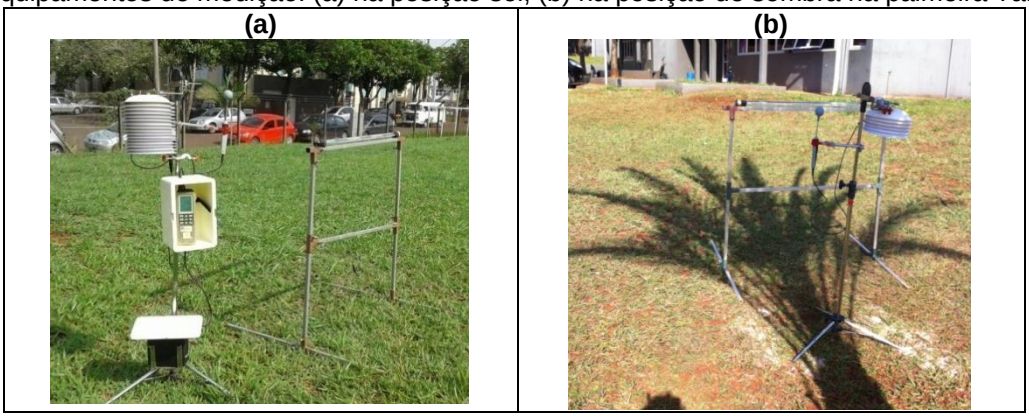
Para a medição da temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (Ur) foram utilizados, em cada palmeira e ao sol, um conjunto composto de: um sensor e registrador de temperatura e umidade, modelo Testo 175-T2 e 175-H1; para temperatura de globo (Tg), um conjunto composto de um sensor/registrador modelo testo 0613 171, colocado no interior de um globo cinza (diâmetro de 4 cm), instalados em um tripé, a 1,50m do solo.

Para a medição de velocidade do ar (V) foi instalado um anemômetro/termômetro digital Testo 445, com sensor 0635-1549, acoplado ao tripé que ficou ao Sol, conforme Figura 3a.

Para a radiação solar (Rad, em kW/m²) registrada no sol e nas sombras de cada palmeira foram utilizados solarímetros de tubo, modelo TSL-DELTA- T, com registrador Delta DL2 *Datalogger*, instalados a 1,0m de altura do solo, conforme Figuras 3a e 3b.

Os equipamentos situados à sombra tiveram suas posições alteradas ao longo do dia, acompanhando o sombreamento da copa das palmeiras, o que ocorreu no sentido anti-horário, totalizando 16 posições por dia de medição.

Figura 3. Equipamentos de medição: (a) na posição sol; (b) na posição de sombra na palmeira Tamareira



3.2 Obtenção da Temperatura radiante média (T_{rm}) e da Atenuação solar (At)

A T_{rm} foi obtida através da Equação 1para convecção forçada, conforme ISO 7726 (2001):

$$Trm = \left[\left(t_g + 273\right)^4 + \frac{1{,}1\times10^8\times v_a^{0,6}}{\varepsilon_g \times D^{0,4}}\left(t_g - t_a\right)\right]^{1/4} - 273 \qquad \text{(Equação 1)}$$

Onde:
Tg: Temperatura de globo, em °C;
Va: Velocidade do ar, m/s;
Ta:Temperatura do ar, em °C;
ε: Emissividade do globo (0,95);
D: Diâmetro do globo (0,04m).

Os dados de todas as variáveis ambientais foram compilados calculando-se as médias horárias para os três dias de medição.
Seguindo Bueno – Bartholomei e Labaki (2003), adotou-se como referência os parâmetros obtidos nas medições na posição Sol, e obteve-se a variação da temperatura radiante média e da atenuação da radiação solar, conforme mostram respectivamente as Equações 2 e 3.

$$VT_{rm} = \frac{T_{rm(sol)} - T_{rm(sombra)}}{T_{rm(sol)}}\ x\ 100 \qquad \text{(Equação 2)}$$

Onde:
VT_{rm}: Variação das médias da Temperatura radiante média, em %;
T_{rm} (sol): Temperatura radiante média na posição Sol, em °C;
T_{rm}(sombra): Temperatura radiante média nas posições de sombra, em °C;

A atenuação solar (At) é dada pela Equação 3.

$$At = \frac{S_{Sol} - S_{sombra}}{S_{sol}} \; x \; 100 \qquad \text{(Equação 3)}$$

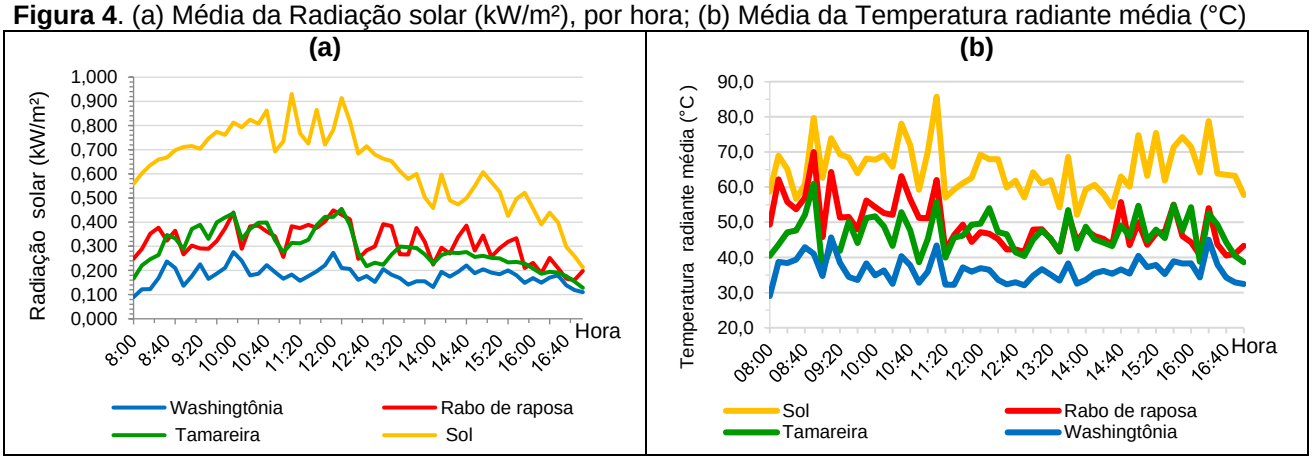
Onde:
At: Atenuação solar, em porcentagem (%);
S_{sol}: Área do gráfico que fornece a energia total incidente ao Sol, em kW.h/m²;
S_{sombra}: Área do gráfico que fornece a energia total incidente, à sombra, em kW.h/m².

A área do gráfico foi calculada a partir das integrais das curvas obtidas para a radiação solar incidente ao longo do período de medição e representa a média diária da energia total incidente em cada posição (ao sol e à sombra) para o período analisado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura radiante média apresentou comportamento semelhante à radiação solar, conforme Figuras 4a e 4b.

Figura 4. (a) Média da Radiação solar (kW/m²), por hora; (b) Média da Temperatura radiante média (°C)



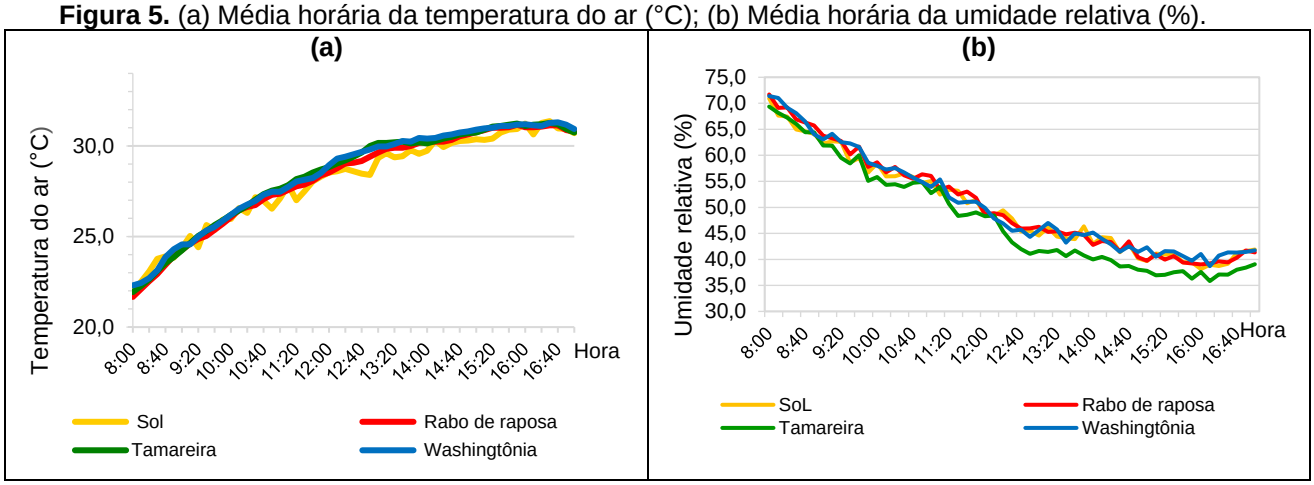
Como se observa, a palmeira Washingtônia apresentou maior atenuação de radiação solar, com 71,5%, seguida pela Tamareira com 53,8% e por último a Rabo de Raposa com 50,3%, conforme Tabela 1.

Tabela1. Variação da T_{rm} e atenuação da radiação solar, por tipo de Palmeira, em %

PALMEIRA	VARIAÇÃO DE T_{rm} (%)	ENERGIA TOTAL INCIDENTE (kW.h/m²)		ATENUAÇÃO (%)
		SOMBRA	SOL	
Washingtônia	44,3	1,63	5,71	71,5
Tamareira	28,4	2,64		53,8
Rabo de Raposa	24,4	2,84		50,3

Comparando-se os resultados das médias das Temperaturas do ar (Ta) obtidas na sombra de cada Palmeira e no Sol, observou-se que foram inferiores a 1°C, o que representa que a sombra das palmeiras não trouxe redução significativa da temperatura do ar, conforme Figura 5a.
Essa diferença de aproximadamente 1°C entre as médias diárias das temperaturas ao sol e à sombra também pode-se verificar no estudo de Labaki et al. (2011) para outras espécies arbóreas.

Figura 5. (a) Média horária da temperatura do ar (°C); (b) Média horária da umidade relativa (%).



A Tamareira apresentou a menor média de umidade relativa do ar, conforme Figura 5b. Os folíolos de sua base são transformados em espinhos, estrutura eficiente em reduzir a transpiração da planta. Provavelmente seja esse o elemento responsável pelo resultado obtido.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, observou-se a influência das palmeiras no microclima pelo método da atenuação de radiação solar.
A Washingtônia apresentou a mais elevada atenuação de radiação solar (71,5%) entre as espécies de palmeiras analisadas. Esse valor pode ser comparado aos resultados das espécies arbóreas *Tipuana tipo*, com 76,3% de atenuação, estudada por Abreu, Labaki e Matzarakis (2015) e a *Tabebuia Chrysotricha,* com 75,6% de atenuação, pesquisada por Bueno-Bartholomei (2003). Apesar de árvores e palmeiras serem espécies diferentes quanto à estrutura, à forma, ao tamanho de copa e aos tipos de folhas, pode-se concluir que o resultado da atenuação solar da Washingtônia é próximo aos valores apresentados pelas espécies arbóreas utilizadas como paridade.
A pesquisa prosseguirá com medições no período de verão, de inverno e no equinócio de outono, com obtenção também do LAI (índice de área foliar), além de uma avaliação do conforto térmico propiciado por essas espécies de palmeiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. Ambiente Construído, v.10, n.4, p103-117, 2010.

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L.C.; MATZARAKIS, A. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. Landscape and Urban Planning, v. 138, p. 99–109, jun. 2015.

ALVES, M. R. P. Palmeiras. Características botânicas e evolução. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1987, 129p.

ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B.L.D.; DALL'AGNOL, I.C.S.; KRELING, W.L. O controle de processos em áreas urbanas com o uso da vegetação. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba, v.1, n.1, 2006.

BENCHEIKH, H.; RCHID, A. The effects of Green spaces (Palme trees) on the microclimate in arides zones, case study: Ghardaia, Algeria. In: SALAME, C.; AILLERIE, M.; KHOURY, G. (Org.). Terragreen 2012: Clean Energy Solutions for Sustainable Environment (cesse). [S.l: s.n.], 2012. v. 18. p. 10–20.

BORTOLETO, S.; SILVA FILHO, D.F.; LIMA, A.M.L.P. Prioridades de manejo para a arborização viária da estância de Águas de São Pedro-SP, por Setores. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. Piracicaba, v.1, n.1, p.62-73, 2006.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; LABAKI, L. C. (2003). How much does the change of species of trees affect their solar radiation attenuation? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE (15th), Lodz, Poland, 2003.

CÂNOVAS, R. Como construir um jardim sustentável. Parte IV. Jardim cor, ago, 2014. Disponível em: < http://www.jardimcor.com/cronica/como-construir-um-jardim-sustentavel-parte-iv/>. Acesso em: 20 mai. 2016.

CEPAGRI. CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. Clima dos Municípios Paulistas. 2016. Campinas, SP.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. de C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). *Caminhos de Geografia*, v. 4, n. 10, 2006.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. ISSO 7726: Ergonomics of The thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities. Genebra, 2001.62p.

HERZOG, C. P. Cidades para todos:(re) aprendendo a conviver com a natureza. Rio de Janeiro: Mauad X, 2013, 311p.

LABAKI, L. C; SANTOS, R.F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, v. 4, n. 1, 2011.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 352 p.

LORENZI, H; NOBLICK, L.; KAHN,FERREIRA, E. Flora Brasileira. *Arecaceae* (Palmeiras). Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2010, 384p.

OBI, N. I; CHENDO, I.G. The influence of vegetation on microclimate in hot humid tropical environment: a case of Enugu urban. International Journal of Energy and Environmental Research, v..2, n.4, 2014, 11p.

OLIVEIRA, A. S. et al. Benefícios da arborização em praças urbana: o caso de Cuiabá/MT. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 9, n. 9, p. 1900–1915, 2013.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. The influence of trees and Grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. International Journal of Climatology, v. 31, n. 10, p. 1498–1506, 2011.

SODRÉ, J. B. Morfologia das palmeiras como meio de identificação e uso paisagístico. Lavras, MG, 2005. Monografia (Especialização em Plantas Ornamentais e Paisagismo). Universidade Federal de Lavras, MG, 65p. 2005.

TRINDADE, Sidnei. A palmeira. [S.I.]: Jardinagem e Paisagismo, 2010. Disponível em: http://jardinagemepaisagismo.com/a-palmeira.html. Acesso em: 18 ago. 2016

TZENKOVA, A; KANDJOU, I; IVANCHEVA, J. Some Biometeorological aspects of urban climate in Sofia. Scientists Contributions Journal, Eurasap, 2000.

WEIRICH, R. A. *et al.* Arborização urbana para mitigação das condições microclimáticas em Goiânia, Goiás. Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO, v. 3, n. 2, p. 48–58, 2015.

348. ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICO PARA PRÁTICAS SOCIAIS E ESPAÇOS POTENCIAIS: UM ESTUDO SOBRE A REGIONAL 01 – GRANDE CENTRO, VILA VELHA-ES

DALBÓ, Natiele[1](natieledalbo@gmail.com); FERRI, Ohanna N.[*1] (ohanna_ferri@hotmail.com); RANGEL, Suzany R.[1](suzany.r@hotmail.com); RAMOS, Larissa L. A.[1](larissa.ramos@uvv.br); JESUS, Luciana A. N. [1](luciana.jesus@uvv.br)*
[1]Universidade Vila Velha (UVV), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
As relações entre o ambiente construído e o ambiente natural, os espaços de circulação e os espaços de permanência ao ar livre são fundamentais para alcançar uma boa qualidade de vida. Os espaços livres de uso público são essenciais e fundamentais nas cidades pois favorecem a integração, o desenvolvimento de atividades sociais e a vitalidade urbana, podendo ser destinados a atividades de lazer, recreativas e esportivas. Neste sentido, este trabalho realiza um mapeamento dos espaços livres de uso público para práticas sociais e potenciais do município de Vila Velha – ES, tendo como recorte a Regional 01 – Grande Centro, a fim de identificá-los, classificá-los e analisá-los dentro do cenário urbano municipal. Para o mapeamento foi utilizado o programa *ArcGIS*, com base em dados extraídos do Plano Diretor Municipal, bem como análises dos espaços realizadas através de imagens do *Google Earth* e visitas aos locais. Dentro do contexto estudado, foram identificadas praças, parques urbanos, trechos de orlas marítimas urbanizadas (calçadão), faixa de areia próxima ao mar, além de terrenos vazios potenciais e espaços residuais associados à malha urbana. Como resultado, percebeu-se uma má distribuição dos espaços livres para práticas sociais entre os bairros da Regional estudada, sendo que, apenas 34% da população residente possui, em um raio de 300 metros, acesso às praças. Em relação aos espaços potenciais, foram identificados, no mapeamento, terrenos estratégicos, localizados em áreas com escassez de espaços públicos e que poderiam ser destinados a práticas sociais, equilibrando, assim, a distribuição, o uso e acessos dos espaços para as práticas de convívios sociais. Espera-se com este trabalho contribuir para intervenções futuras nos espaços livres de uso público da cidade de Vila Velha, em especial da Regional 01, visando melhorar a qualidade urbana da cidade.
Palavras-chave: Espaços livres de uso público; Práticas Sociais; Qualidade urbana.

OPEN PUBLIC SPACES FOR SOCIAL PRACTICES AND POTENTIAL SPACES: A STUDY ABOUT THE "REGIONAL 01 – GRANDE CENTRO, VILA VELHA – ES"

ABSTRACT
The relation between the built and the natural environment, the circulation spaces and the outdoor living spaces are fundamental to achieve a good quality of life. The open public spaces are considered essential in the city and are fundamental because they favor the integration, the development of the social activities and the urban vitality. The spaces for social practices are leisure, recreational, and sports areas. In this way, this work presents a mapping of the open public spaces for social practices and potential spaces that are present in the Regional 1 – Centro, Vila Velha-ES, in order to identify, classify, and analyze them within the municipal urban scenery. To the mapping, the software ArcGIS was used based on data extracted from the Municipal Master Plan, as well as analyzes of the spaces made through Google Earth and site visits. As a result, squares, urban parks,

stretches of urbanized seafront, sand strip near the sea, potential empty lands, and residual spaces associated to the urban mesh were identified. It was observed a low distribution of open spaces for social practices among the neighborhoods in the regional studied. Only 34% of the resident population has, within a radius of 300 meters, access to the squares. Regard to the potential spaces, strategic areas were identified with the mapping, and they are located in areas with scarcity of public spaces. These areas could be destined to social practices, thus balancing the distribution, use, and access of spaces for social interaction practices. It is expected that this work could contribute to future interventions in the public spaces of Vila Velha city, especially in the Regional 01, aiming to improve the urban quality of the city.
Keywords: public spaces; Social practices; Urban quality.

1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre a qualidade de vida da população residente nas cidades vêm assumindo proporções significativas. As relações entre o ambiente construído e o ambiente natural, os espaços de circulação, espaços de permanência agradáveis ao ar livre e as áreas verdes da cidade são fundamentais para alcançar uma boa qualidade de vida.

O processo de urbanização gera pressões no uso e na ocupação do solo das cidades, impondo a substituição de áreas naturais por centros construídos. As mudanças estruturais, sofridas pelas cidades, devido a uma urbanização desordenada, geram problemas ambientais que, consequentemente, afetam a qualidade de vida e a saúde da população.

Neste cenário, com a modificação de ambientes naturais a partir do adensamento dos edifícios, da concentração de indústrias, da abertura de vias, da impermeabilização do solo, da redução das áreas verdes, dentre outras ações impactantes do uso do solo urbano; o conforto ambiental nas cidades é modificado, alterando o microclima local e a qualidade do ar, gerando poluição sonora, aumento de temperaturas e de consumo energético.

É importante ressaltar que todas as pessoas têm o direito de usufruir dos espaços da cidade de forma igualitária e saudável. Para que isso aconteça de forma plena, é preciso que a cidade seja viva. A cidade viva, segundo Gehl (2014), é aquela que convida as pessoas a caminhar, pedalar, ou permanecer nos espaços livres que ela oferece. A presença de pessoas circulando pela cidade a torna mais agradável e segura. A cidade viva é ainda, para Gehl (2014), aquela que dá ênfase e prioridade ao pedestre com a finalidade de se alcançar um espaço com mais vitalidade.

Alex (2011, p.126) ressalta “que o convívio social no espaço público está intimamente relacionado às oportunidades de acesso e uso”. O autor entende que estes são espaços da sociabilidade e do exercício da convivência, e, portanto, devem ser vistos como um conjunto indissociável das formas assumidas pelas práticas sociais.

Sendo assim, os espaços públicos devem permitir a integração social e serem convidativos para todo tipo de necessidade humana. Tais espaços favorecem a integração, o desenvolvimento de atividades sociais e a vitalidade urbana, além de muitos deles serem considerados “pulmões”, auxiliando na oxigenação e renovação do ar. Quando bem equipados, arborizados, seguros, acessíveis e com boa geometria, consequentemente, são bem frequentados e contribuem para a qualidade ambiental urbana. A condição microclimática destes espaços também constitui um elemento determinante para sua qualificação, podendo interferir na quantidade e na forma de uso.

Os espaços públicos podem assumir diversas formas e tamanhos, abrangendo lugares designados ao uso cotidiano. A palavra “público” indica que esses espaços são abertos e acessíveis a todas as pessoas (ALEX, 2011). Os espaços livres de uso público, além de servirem como espaços de atividades recreativas e de lazer, também garantem uma importante arena para grandes encontros, manifestações e protestos políticos (GEHL, 2014). Geralmente essas áreas estão localizadas em

pontos estratégicos da cidade, em proximidade com centros urbanos, ou perto de monumentos importantes, facilitando, assim, a agregação de pessoas.

Deste modo, considerando as noções acima, os espaços livres abrangem os espaços públicos como praças, parques, ruas, praias urbanas além de terrenos privativos sem construções e vazios com ou sem potencial para áreas sociais. Dentre esses espaços, destacam-se como elementos de fundamental importância para a qualidade de vida, as praças e os parques urbanos.

Praças são consideradas espaços livres públicos inseridos na malha urbana com a função de incentivar a vida comunitária e também servem como elemento organizador da rede viária. Possuem área equivalente à da quadra e geralmente possuem vegetação, canteiros, bancos e outros mobiliários urbanos (CARNEIRO E MESQUITA, 2000).

Parques urbanos, segundo Carneiro e Mesquita (2000, p. 28) “são espaços livres públicos com função predominante de recreação, ocupando na malha urbana uma área em grau de equivalência superior à da quadra típica urbana”. Ainda segundo o autor, os parques possuem elementos da paisagem natural tais como vegetação, água e topografia, além de construções destinadas às atividades recreativas, esportivas, culturais e administrativas.

Na cidade de Vila Velha, Estado do Espirito Santo - município utilizado como estudo deste trabalho - verifica-se carência de espaços livres de uso público que interagem com a população. A falta de planejamento urbano, o adensamento populacional e o processo de urbanização da cidade resultaram na substituição de ambientes naturais por espaços construídos. Esta nova configuração da cidade traz hoje um cenário preocupante, não só pelos seus efeitos psicológicos e sociais, mas, sobretudo, por afetar a integridade física, principalmente de crianças e adolescentes que necessitam de espaço de lazer e de socialização.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo apresentar um mapeamento dos espaços livres de uso público para práticas sociais e espaços potenciais da Regional 01 – Grande Centro, do município de Vila Velha, Estado do Espirito Santo, a fim de identificá-los, classificá-los e analisá-los dentro do cenário urbano.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Leituras de bibliografias referentes a espaços livres públicos foram necessárias, na realização deste trabalho, a fim de contextualizar e conceituar as áreas estudadas. A identificação das áreas foi realizada utilizando imagens de satélite e dados geográficos disponibilizados pelo programa *Google Earth*, confrontando as informações presentes na *Lei nº 4.575/2007,* Plano Diretor Municipal da cidade de Vila Velha.

Após a identificação das áreas, foi desenvolvida uma base cartográfica digital, para criação de base de dados, no programa *ArcGIS* de geoprocessamento via satélite, com legendas de identificação das áreas de livres para práticas sociais e as áreas potenciais.

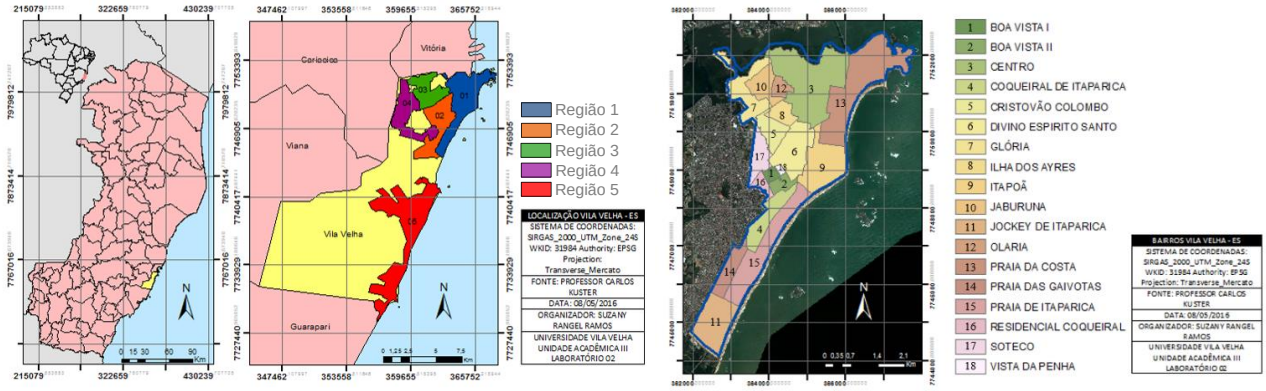
As áreas mapeadas foram identificadas segundo Mendonça (2012, apud Mendonça 2015) que classifica os espaços livres de usos público em três grupos: espaços livres públicos de equilíbrio ambiental; espaços livres públicos de práticas sociais e espaços livres potenciais. Ressalta-se neste trabalho, a análise de dois grupos consolidados: espaços práticas sociais e espaços livres potenciais. Com as áreas identificadas e mapeadas foi possível realizar análises e comparações gerais entre as informações coletadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO URBANA DA REGIONAL 01- GRANDE CENTRO

A cidade de Vila Velha limita-se ao norte com o município de Vitória; ao sul com Guarapari; a leste com o oceano Atlântico e a oeste com os municípios de Viana e Cariacica, e para sua melhor organização, possui cinco regiões administrativas (Figura 1). De acordo com o Censo de 2010, possui 414.586 habitantes e área de unidade territorial de 209,965 km^2 (IBGE, 2010). O descaso com relação às suas áreas livres de uso público e suas paisagens não é recente, provavelmente iniciou-se com a formação da região metropolitana de Vitória.

Figura 1. Localização do Município de Vila Velha-ES e da Regional 1 - Grande Centro. Na imagem central, a Regional 1 é identificada em azul marinho. Na imagem da direita a divisão dos bairros.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

De acordo com a Lei Municipal nº 4707/2008, a Região 01 – Grande Centro abrange 18 (dezoito) bairros da cidade de Vila Velha-ES. É constituída por Zonas de Ocupação Prioritárias (ZOP), Zonas de Proteção Ambiental e Cultural (ZEPAC) e Zonas de Especial Interesse Ambiental (ZEIA), além de possuir uma rede hidrográfica potencial e importantes monumentos naturais e culturais de interesse de preservação, com destaque para o Convento da Penha, o Sitio Histórico da Prainha, o Morro do Moreno e as orlas das praias.

Foi escolhida como recorte desta pesquisa por ter grande importância no eixo cultural, econômico e político do município. É também uma regional densamente povoada e que atrai grande quantidade de pessoas todos os dias, devido à concentração de comércio e serviços.

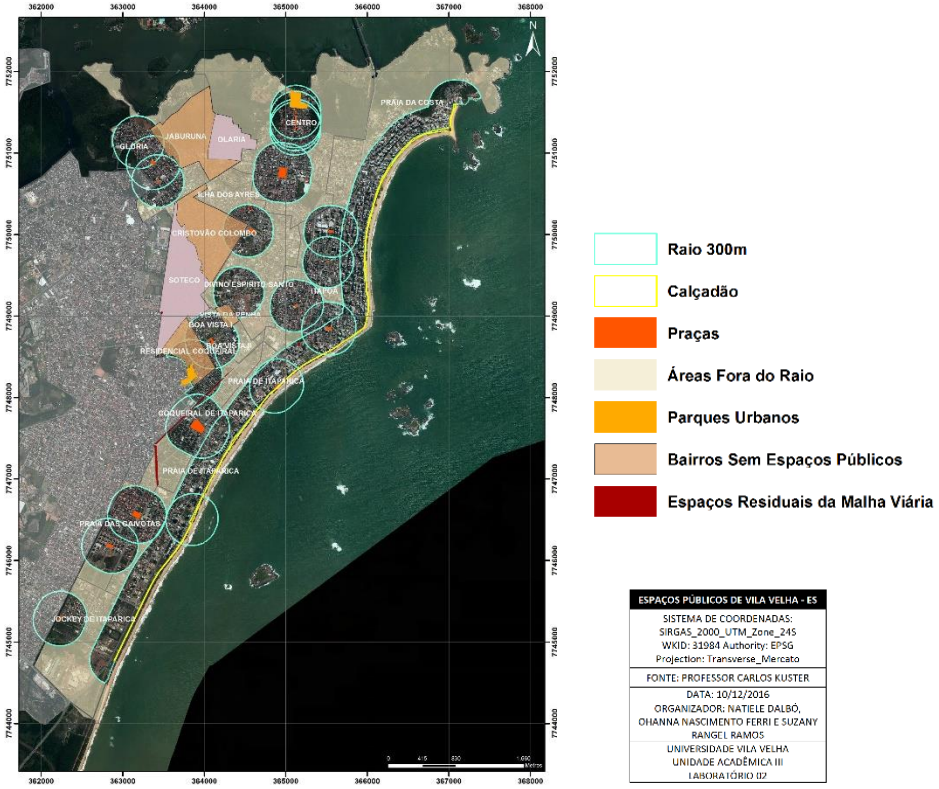
4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICOS PARA PRÁTICAS SOCIAIS DA REGIONAL 1- GRANDE CENTRO.

Em relações aos espaços livres de uso públicos para práticas sociais, em toda Regional 1, foram identificadas 21 praças, sendo estas distribuídas de forma desigual e localizadas, principalmente, nos bairros de maior renda per capita. Apenas 09 (nove) dos 18 (dezoito) bairros que compõem a Regional 1 são contemplados com no mínimo 01(uma) praça dentro de seus limites.

Como forma de identificar os bairros e a quantidade de pessoas que utilizam os espaços públicos para práticas sociais presentes neles, foi inserido, a partir do perímetro de cada praça, um raio de 300 metros, considerado como área de influência, para que se pudesse identificar a população contemplada por estes espaços, conforme representado na Figura 2. O raio 300 metros em

corresponde a uma distância para que a população do entorno, em um intervalo de tempo médio de 3 a 4 minutos de percurso a pé, acesse a área com facilidade.

Figura 2. Mapeamento das áreas livres de uso público para práticas sociais da Regional 1- Grande Centro e da área de abrangências.

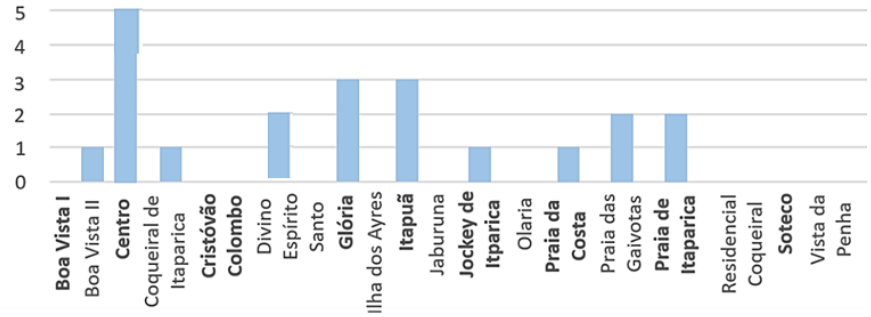


Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Considerando a abrangência de um raio de 300 metros, foi possível constatar que apenas 37,73% da população da Regional 1 tem acesso praças existentes na Regional 1. As áreas evidenciais em cinza, na Figura 2, representam que grande parte da Regional 1 não é contemplada por praças, considerando o raio de 300 metros.

Observa-se também a total ausência de espaços livres públicos para práticas sociais em 6 (seis) bairros considerados carentes: Cristóvão Colombo, Jaburuna, Olaria, Residencial Coqueiral, Soteco e Vista da Penha (evidenciados em rosa, na Figura 2) e a maior concentração de praças em bairros com infraestrutura mais consolidada, próximo a orla. A Figura 3 destaca a má distribuição das praças pela regional estudada.

Figura 3 - Distribuição de praças por bairro Regional 1- Grande Centro



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

Das 21 praças existentes, duas são recentes, inseridas no final de 2016, no bairro Divino Espírito Santo, em virtude do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) firmado pela Prefeitura de Vila Velha com o Shopping Vila Velha, devido ao impacto ocasionado pela construção do mesmo. Além da construção das novas praças, o shopping também é responsável pela reforma de algumas delas, como é o caso da praça de Boa Vista II.

Dentre as análises dos espaços livres de uso público para práticas sociais deu-se foco na análise e caracterização das praças. Segundo Alex (2011, 10), no Brasil, “a praça, em sua origem latina, caracteriza-se como espaço de encontro e convívio, urbano por natureza”. As praças têm fundamental importância no cotidiano da população, uma vez que são, na prática, os espaços livres de maior acessibilidade dentro da malha urbana.

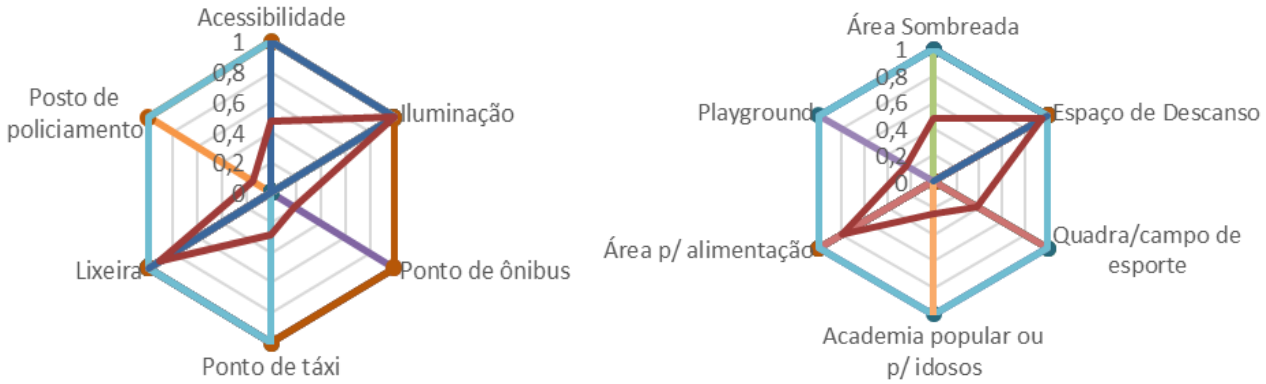
De acordo com o Manual de Espaços Públicos (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013) há algumas características básicas para definir as condições de um espaço público, a fim de identificar seus problemas e potencialidades para futuras adaptações e investimentos, tais como: Acessibilidade; arborização; segurança; áreas de estar e permanência; atividades realizadas, etc. A partir da identificação desses elementos foi possível perceber a qualidade das praças da Regional 01, das carências encontradas e potencialidades.

Em relação a infraestrutura, foram analisadas a presença de iluminação, pontos de ônibus, pontos de táxi, lixeiras, postos de policiamento e preocupações com acessibilidade e desenho universal. Como atrativos e vivência foram identificadas áreas sombreadas, espaço de descanso, quadra ou campo de esporte, academia popular, academia de idosos, área para alimentação e playgrounds.

A Figura 4, a seguir, representa uma síntese da análise das praças da Regional 1, referente às infraestruturas básicas para a qualidade das mesmas. Percebe-se que todas as praças analisadas possuem iluminação e lixeiras e apenas duas delas possui posto de policiamento.

Por não haver segurança na maioria das praças, foi observado o uso frequente de moradores de ruas e de usuários de drogas ilícitas nestes espaços. Apesar das reformas recentes, ocorridas em algumas praças, apenas 50% delas possuem acessibilidade para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Pontos de táxi e de ônibus são pouco presente nas praças analisadas, entretanto, foram, encontrados, muitas vezes, próximos a elas.

Figura 4. Infraestrutura das praças da Regional 1– Grande Centro e Elementos de Atração e Vivencia.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

No âmbito de atrativos e vivência (Figura 4), em aproximadamente 95% das praças foram identificados espaços para descanso com bancos e em 85% delas, locais para alimentação, com bancos e mesas onde é possível descansar. Entretanto, grande parte delas é carente de arborização, elemento fundamental para geração de áreas sombreadas que proporcionam maior conforto térmico e qualidade ambiental urbana. Em menos de 50% das praças foi identificada a presença de áreas sombreadas por vegetação, o que representa a necessidade de arborizar a maioria das praças da Regional 1.

Algumas praças fornecem equipamentos atrativos de uso coletivo, como quadras esportivas, playgrounds e academias de idosos, sendo este último equipamento característico dos novos modelos de praça.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS LIVRES POTENCIAIS DA REGIONAL 1- GRANDE CENTRO

Os espaços livres potenciais são terrenos livres, sem qualquer infraestrutura privada ou pública, também chamados de vazios urbanos. Na maior parte deles encontram-se usos informais, campos de futebol improvisados, caminhos e locais de permanência realizados pelos próprios moradores. Para identificação dos espaços livres potenciais foi utilizado como referência o Manual “Espaços Públicos: Diagnóstico e Metodologia de Projeto” que contém informações importantes sobre métodos para análise dos espaços livres potenciais (GATTI S., 2013).

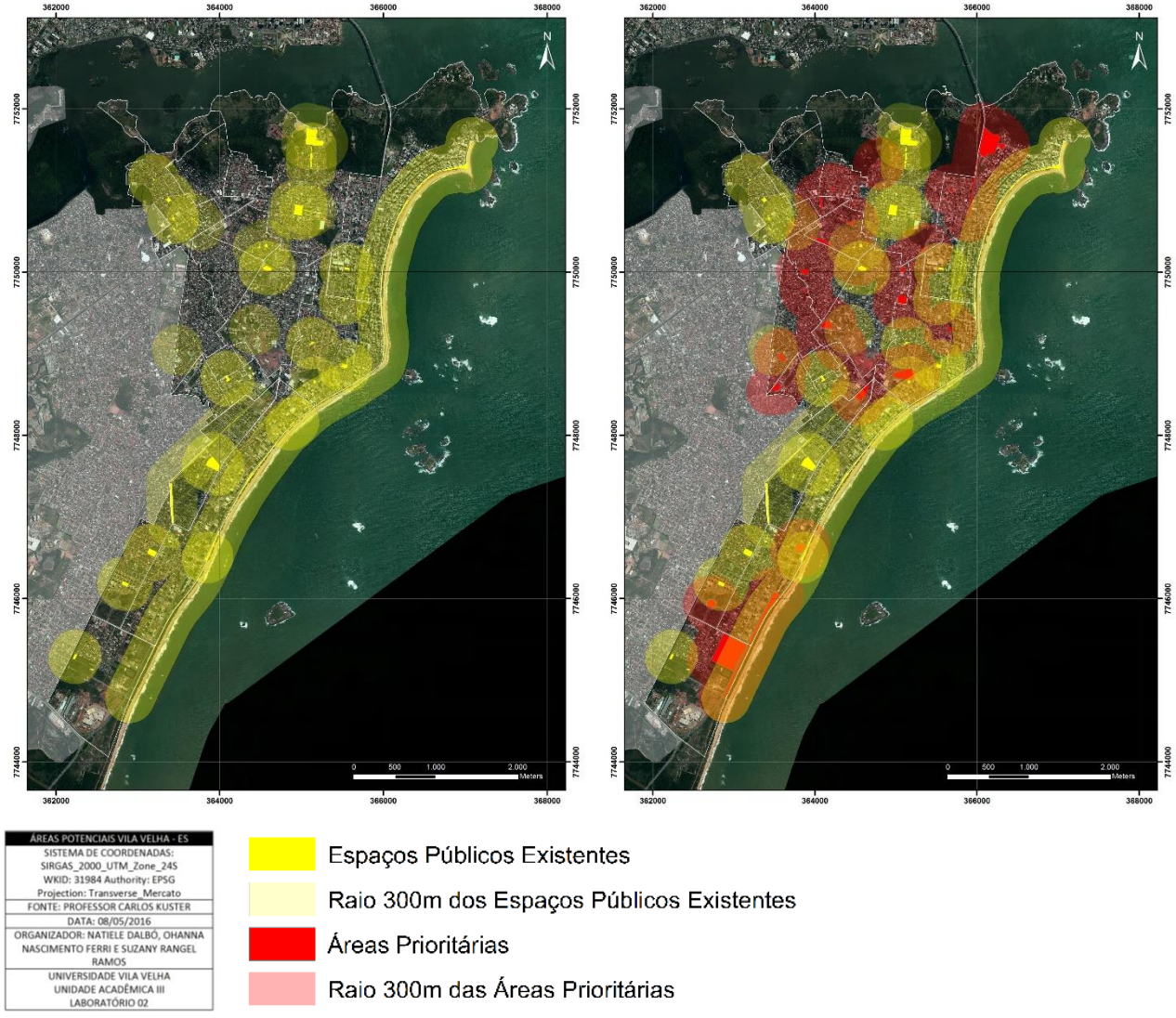
Os terrenos potenciais foram identificados confrontando as áreas não contempladas pelo mapeamento das áreas livres de uso público para práticas sociais e suas áreas de abrangências, considerando o raio de influência de 300 metros (Figura 2).

Foram mapeados os terrenos potencias com área superior a 400,00 m², seguindo os parâmetros mínimos para metragem quadrada de espaços públicos, com base nos estudos de Jacobs (2000) e Alexander *et al* (1977), que defendem a ideia de praças pequenas para fortalecimento da vitalidade urbana em escala de vizinhança. Ao todo foram mapeados 147 terrenos, dentre eles foram escolhidos alguns terrenos como prioritários.

A seleção dos terrenos prioritários partiu-se do mapeamento dos terrenos potenciais, analisando o raio de 300 metros de distância dos espaços públicos para práticas sociais existentes na Regional 1 (identificados na Figura 5 em amarelos). Os vazios presentes no mapa da Figura 5 foram preenchidos pelos terrenos potenciais prioritários, evidenciados em vermelho. Estes foram

identificados prioritários pois estão situados fora do raio de 300 metros considerado de influência das áreas livres de uso público para práticas sociais existentes e mapeadas.

Figura 5. Mapeamento das áreas livres de uso público para práticas sociais e dos espaços potenciais da Regional 1 e das áreas de abrangências.

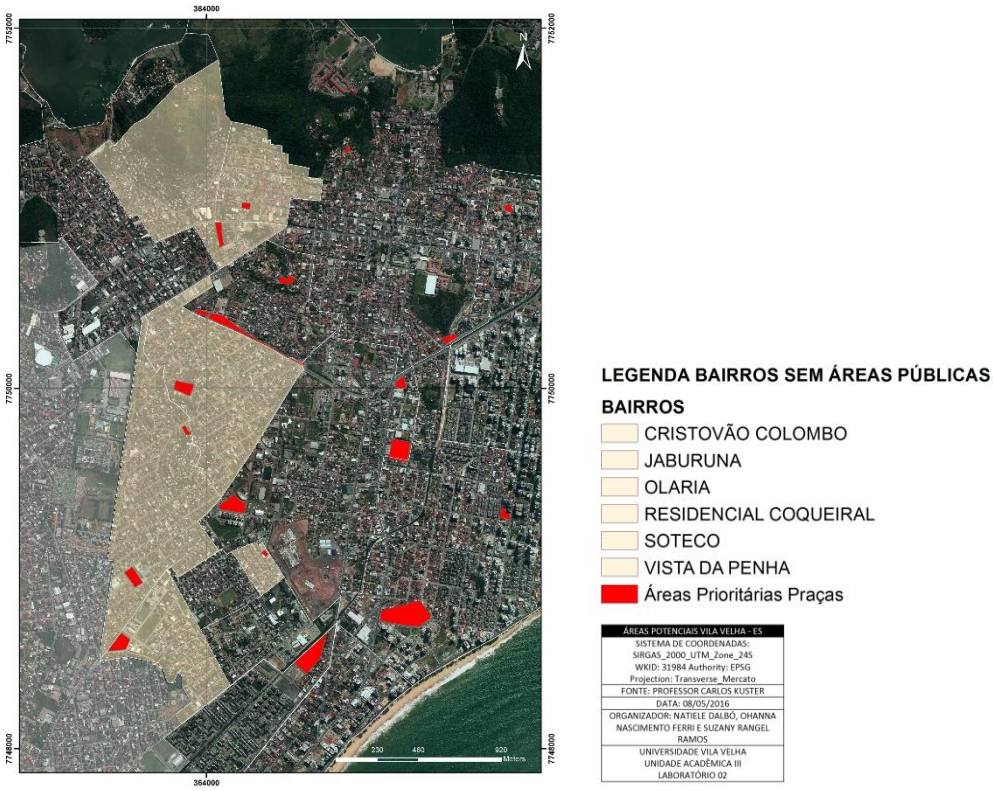


Fonte: Acervo da pesquisa, 2016

Os terrenos identificados evidenciam a necessidade de mais espaços livres de uso público dentro da Regional 1, localizados estrategicamente para suprir a carência existente. Apenas os bairros Boa Vista I, Boa Vista II e Glória não possuem áreas potenciais prioritárias, pois possuem nas proximidades, espaços para práticas sociais.

Alguns bairros não possuem nenhum tipo de espaço livre de uso público para prática social, por este motivo esses bairros são considerados, no âmbito deste trabalho, prioritários para a instalação de novos espaços públicos. A figura 6 mostra que nesses bairros carentes e próximo a eles existem áreas para a implantação de novos espaços públicos.

Figura 6. Mapeamento das áreas livres de uso público potenciais com recorte nos bairros que não possuem áreas de uso público. Regional 1- Grande Centro e áreas de abrangências.



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

5. CONCLUSÃO

O Município de Vila Velha tem crescido muito rapidamente nesses últimos anos. Juntamente com o desenvolvimento observa-se um aumento populacional, aumento do fluxo de veículos automotores, redução das áreas verdes, expansão periférica de novos bairros e verticalização dos bairros próximos à orla, desconsiderando as áreas livres de uso público da cidade e provocando significativas alterações microclimáticas, num local que já apresenta características de temperaturas elevadas. Esse crescimento urbano desordenado, sem planejamento adequado, tem afetado também o acesso, o usufruto, a manutenção, a visibilidade e a qualidade dos elementos da paisagem urbana da cidade, das áreas verdes e dos espaços públicos.

De acordo com o mapeamento elaborado, percebeu-se que há predominância de praças e a inexistência de parques urbanos na Regional 01-Grande Centro. Foram identificadas 21 praças dentro da Regional 01, sendo que grande parte delas estão localizadas em bairros com melhor infraestrutura. A má distribuição das praças também ocorre entre os bairros da Regional, enquanto alguns deles possuem até 5 praças, outros não possui nenhuma, refletindo a desigualdade de investimentos.

Os espaços livres potenciais são de grande importância para modificação desta realidade. A presença de terrenos livres nos bairros que não possuem praças poderá vir, através de investimentos públicos e privados, suprir a carência de espaços de convívio social e, consequentemente melhorar a qualidade de vida urbana da população de todo o município.

Espera-se com este trabalho contribuir para novas pesquisas e intervenções futuras nos espaços livres de uso público da cidade de Vila Velha, em especial da Regional 01, visando melhorar a qualidade urbana, acrescer áreas permeáveis, diminuir ilhas de calor e implantar novos espaços para as práticas de convívios sociais. Recomenda-se um aprofundamento nos estudos visando o desenvolvimento de uma rede de áreas verdes para o município, com diversidade de uso e consumo, com espaços destinados a um público local e também espaços de abrangência regional, municipal e até metropolitano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEX, Sun. **Projeto da Praça: Convívio e Exclusão no Espaço Público.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2ª Edição, 2011.

ALEXANDER, Christopher; ISHIKAWA, Sara; SILVERSTEIN, Murray. **A pattern language**. New York: Oxford University Press, 1977.

CARNEIRO, A. R. S.; MESQUITA, L. B. **Espaços livres do Recife.** Recife: Prefeitura da Cidade do Recife/ Universidade Federal de Pernambuco, 2000.

GATTI, Simone. **Espaços Públicos. Diagnóstico e metodologia de projeto**. São Paulo, ABCP, 2013. 91 p.

GEHL, Jan. **Cidade para Pessoas.** São Paulo: Perspectiva. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO DEMOGRÁFICO 2010**. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

Lei nº 4.575/2007. **Plano Diretor Municipal de Vila Velha**, **ES**. 2007

MENDONÇA, E. M. S. **A importância metropolitana do sistema de espaços livres da região de Vitória – ES – Brasil.** In EURO ELECS 2015, Guimarães, Portugal. In Anais EURO ELECS 2015, Guimarães, Portugal, Vol. III, 2015. ISBN 978-989-96543-8-9.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Metas de Sustentabilidade para os Municípios Brasileiros (Indicadores e Referências).** Rede Nossa São Paulo. Rede Social Brasileira por Cidades Justas e Sustentáveis. Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. Agosto 2012.

360. ÁREAS VERDES E ESPAÇOS PÚBLICOS POTENCIAIS EM VILA VELHA – ES: UM ESTUDO SOBRE A REGIONAL 01 – GRANDE CENTRO

PALHANO, Patrícia Scarpat Thompson[1] (patstpalhano@gmail.com.br); DALBÓ, Natiele[1] (natieledalbo@gmail.com.br); RAMOS, Larissa Letícia Andara[1] (Larissa.ramos@gmail.com.br);JESUS, Luciana Aparecida de [1] (Luciana.jesus@uvv.br);*
[1]Universidade Vila Velha (UVV), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
Os espaços livres de uso público são essenciais para a vitalidade urbana pois favorecem a permanência de pessoas e a prática de atividades sociais. Neles são indispensáveis as áreas verdes, que possuem função ambiental de amenizar o clima e qualificar o meio urbano. Desse modo, este trabalho apresenta um mapeamento dos espaços livres de equilíbrio ambiental e espaços potenciais presentes na Regional 1 - Grande Centro, Município de Vila Velha-ES, com foco na contribuição destas áreas para a qualidade ambiental e de vida da região. Para o mapeamento foi utilizado o programa *ArcGIS* com base em dados extraídos do Plano Diretor Municipal, bem como análises dos espaços realizadas através do *Google Earth* e visitas aos locais. Foram mapeadas zonas de especial interesse ambiental (ZEIA), unidades de conservação, áreas de restinga, arborização de vias e praças, além de espaços potenciais para serem transformados em áreas verdes do município. Como resultado, foi identificado, que apesar do índice de áreas verdes (IAV) da Regional estudada ser de 16,97m²/hab (superior ao recomentado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana), tais áreas verdes, em sua maioria, são de acesso restrito à população, concentradas em áreas de relevo acentuado e de preservação permanente às margens da Baía de Vitória. Se desconsiderada as áreas de preservação permanente, esse índice cai para 2,70 m²/hab, o que indica a escassez de áreas verdes distribuídas pela cidade e respectiva falta de investimento do poder público nesses espaços. Outro resultado foi a identificação de terrenos potenciais, em diversos pontos da cidade, possíveis de serem transformados em espaços verdes acessíveis a maior parte da população. Espera-se com este trabalho contribuir para novas pesquisas e intervenções futuras nos espaços livres de uso público da cidade de Vila Velha/ES.
Palavras-chaves: Áreas Verdes; Arborização Urbana; Espaços Públicos; Espaços potenciais.

GREEN AREAS AND POTENTIAL PUBLIC SPACES IN VILA VELHA-ES: A STUDY ABOUT THE REGIONAL 01 – GRANDE CENTRO

ABSTRACT
Public spaces are essential for urban vitality, because they favor the permanence of people and the practice of social activities. In them are indispensable green areas that have environmental function to soften the climate and qualify the urban environment. In this way, this work presents a mapping of the open spaces with environmental balance and potential spaces that are present in the Regional 1 – Centro, Vila Velha-ES, focusing on the contribution of these areas to the environmental and life quality of the region. To the mapping, the software ArcGIS was used based on data extracted from the Municipal Master Plan, as well as analyzes of the spaces made through Google Earth and site visits. Areas of special interest to the environment (ZEIA), conservation units, areas with *Restinga* vegetation, afforestation of roads and squares, and potential spaces to be transformed into green areas of the municipality were mapped. As a result, it was identified that the Green Area Index is

16.97m² / inhab. (Higher than that recommended by the Brazilian Society of Urban Afforestation), and most of these areas have restricted access to the population, concentrated in areas of steep topography and permanent preservation, on the shores of the Vitória Bay. If the permanent preservation areas were disregarded this index reduces to 2.70 m² / inhab, which indicates the scarcity of green areas distributed by the city and the respective lack of investment by the government in these spaces. Another result was the identification of potential land in various parts of the city that could be transformed into green spaces that are accessible to most of the population. It is expected that this work could contribute to new researches and future interventions in the public spaces of the city of Vila Velha / ES.
Keywords: Green Areas, Urban Woodland, Public Spaces, Potential Spaces

1. INTRODUÇÃO

A vegetação é um componente necessário ao espaço urbano. Além da função paisagística, diversas são as atribuições da vegetação urbana nos aspectos ambientais, econômicos e sociais, indispensáveis ao equilíbrio ecológico e à qualidade de vida da população (LAMAS, 1993).

Givoni (1998) destaca que as áreas verdes possuem características que as diferenciam das áreas construídas, tais como: altas taxas de evaporação, baixa condutividade térmica e baixo albedo, pois a reflexão da radiação solar é pequena. As áreas verdes podem exercer diversas funções, desde valores sobre as condições ambientais até potenciais recreativos e de destaque na paisagem urbana.

Não há, entre os estudiosos, um consenso quanto às definições e usos de nomenclaturas em relação ao conceito de áreas verdes. Lima et al. (1994, pág. 5) citam que “a prefeitura do Município de São Paulo define Áreas Verdes como aquelas de propriedade pública ou particular, delimitadas pela prefeitura, com o ajardinamento, visando manter a ecologia e resguardar as condições ambientais e paisagísticas”. No entanto, como resultado da pesquisa “Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos” os mesmos autores afirmam que área verde é “onde há o predomínio de vegetação arbórea; engloba as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais e trevos de vias públicas, que tem apenas funções estética e ecológica, devem, também, conceituar-se como Área Verde” (LIMA et al.,1994, p.10).

Vale destacar ainda que a quantidade de vegetação urbana tem sido mensurada através de indicadores que expressam a superfície da área verde por habitantes (IAV = Índices de Áreas Verdes) ou proporção do solo ocupado pela arborização (PAV = Porcentual de Áreas Verdes). A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana recomenda um mínimo de 15 m² de área verde por habitante (SBAU, 1996). Estocolmo, por exemplo, é uma das cidades com o maior índice de áreas verdes do mundo, com cerca 86 m² de área verde para cada habitante, além disso, 90% da população desta cidade tem acesso a áreas verdes em um raio de 300 metros em relação a suas residências (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2012), distância está para que a população do entorno, em um intervalo de tempo médio de 3 a 4 minutos de percurso a pé, acesse a área com facilidade.

Segundo Nucci (2001 apud HADER; RIBEIRO; TAVARES, 2006), outros dois índices devem ser calculados: índice de cobertura vegetal, em que se consideram todas as manchas de vegetação, por exemplo as copas das árvores; e o índice de áreas verdes utilizáveis, quando a área verde não apresenta condições de uso e, após a qualificação das áreas verdes, é recalculado o índice de áreas verdes, indicando a quantidade delas utilizáveis pela comunidade, de acordo com suas qualificações.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo apresentar um mapeamento dos espaços livres de uso público de equilíbrio ambiental e dos espaços livres potenciais da Regional 01 – Grande Centro, do município de Vila Velha, Estado do Espirito Santo, a fim de identificá-los, classificá-los e analisá-los dentro do cenário urbano.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Leituras de bibliografias referentes a espaços livres públicos e áreas verdes foram necessárias na realização deste trabalho, a fim de contextualizar e conceituar as áreas estudadas. A identificação das áreas foi realizada utilizando imagens de satélite e dados geográficos disponibilizados pelo programa *Google Earth*, confrontando as informações presentes na Lei nº 4.575/2007, Plano Diretor Municipal de Vila Velha, Estado do Espirito Santo.

Após a identificação das áreas, foi desenvolvida uma base cartográfica digital, para criação de base de dados, no programa *ArcGIS* de geoprocessamento via satélite, com legendas de identificação específicas.

As áreas mapeadas foram identificadas segundo Mendonça (2012, apud Mendonça 2015) que classifica os espaços livres de usos público em três grupos: espaços livres públicos de equilíbrio ambiental; espaços livres públicos de práticas sociais e espaços livres potenciais. Ressalta-se neste trabalho, a análise de dois grupos consolidados: espaços livres públicos de equilíbrio ambiental e espaços livres potenciais. Com as áreas identificadas e mapeadas foi possível realizar análises e comparações gerais entre as informações coletadas.

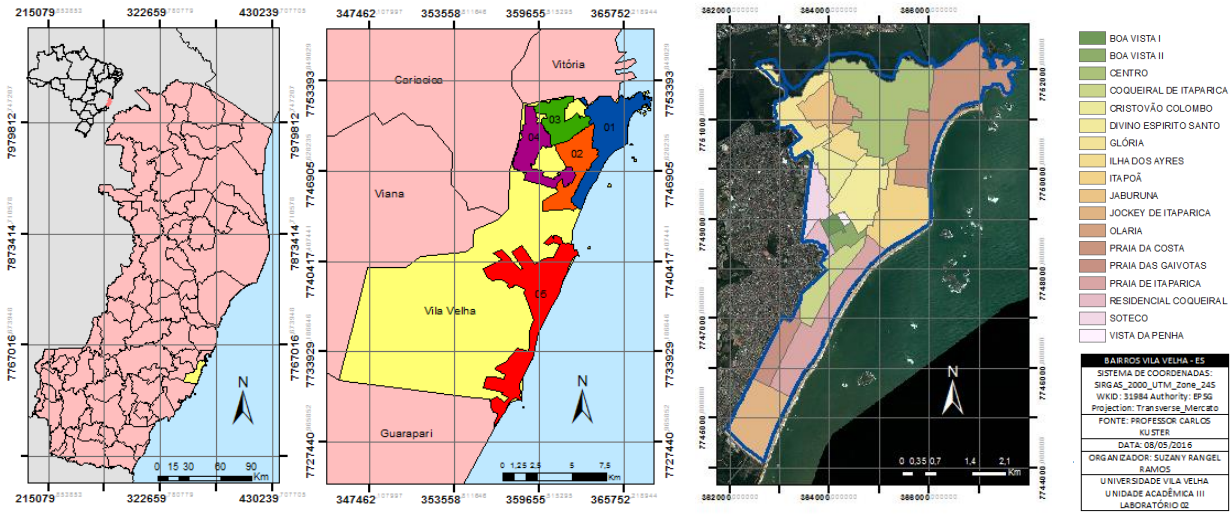
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização Urbana da Regional 01- Grande Centro

A cidade de Vila Velha limita-se ao norte com o município de Vitória; ao sul com Guarapari; a leste com o oceano Atlântico e a oeste com os municípios de Viana e Cariacica, e para sua melhor organização, possui cinco regiões administrativas (Figura 1). De acordo com o Censo de 2010, possui 414.586 habitantes e área de unidade territorial de 209,965 km^2 (IBGE, 2010).

De acordo com a Lei Municipal nº 4707/2008, a Região 01 – Grande Centro (identificada na figura 1 em azul) abrange 18 (dezoito) bairros da cidade de Vila Velha-ES. É constituída por Zonas de Ocupação Prioritárias (ZOP), Zonas de Proteção Ambiental e Cultural (ZEPAC) e Zonas de Especial Interesse Ambiental (ZEIA), além de possuir uma rede hidrográfica potencial e importantes monumentos naturais e culturais de interesse de preservação, com destaque para o Convento da Penha, Sitio Histórico da Prainha, Morro do Moreno e as Orlas das praias.

Figura 1. Localização do Município de Vila Velha-ES e da Regional 1 - Grande Centro. Na imagem central a Regional 1 é identificada em azul marinho. Na imagem da direita a divisão dos bairros.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

A Região 01 – Grande Centro foi escolhida como recorte desta pesquisa por ter grande importância no eixo cultural, econômico e político do município. É também a regional de maior extensão territorial, densamente povoada que atrai grande quantidade de pessoas todos os dias, devido à concentração de comércio e serviços.

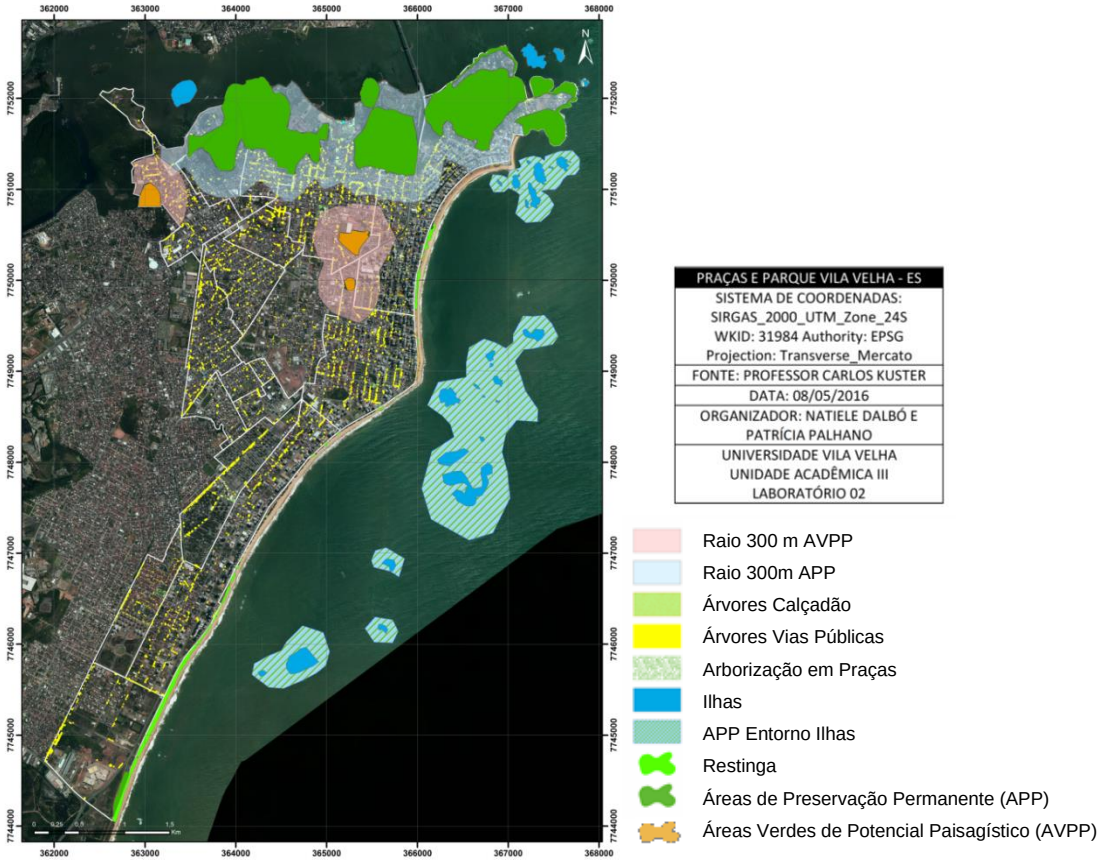
4.2 Identificação dos espaços livres de uso público de equilíbrio ambiental da Regional 01 – Grande Centro.

Os espaços livres de uso público de equilíbrio ambiental compreendem as áreas cobertas de vegetação significativa, que envolvem as unidades de conservação e demais áreas de valor paisagístico ambiental (Mendonça, 2015).

Foram consideradas no mapeamento dos espaços livres públicos de equilíbrio ambiental as Zonas Especiais de Interesse Ambiental (ZEIAs) e alguns terrenos privativos com vegetação predominante. As ZEIAs representam as áreas de relevo acentuado próxima à Baía de Vitória, as ilhas oceânicas e a vegetação de restinga ao longo do litoral (identificados na Figura 2 em verde)

As áreas verdes de potencial paisagístico (AVPP) são grandes áreas verdes particulares com potencial para transformação em parque público devido à extensa área verde preservada. Alguns espaços privados foram identificados e mapeados como áreas verdes por disporem de considerável área coberta de vegetação, com grande quantidade de árvores, sendo nomeados no mapeamento como áreas verdes de potencial paisagístico. Essas áreas, apesar de privadas, constituem pequenos espaços verdes benéficos para o ambiente urbano, passíveis de serem preservados, com significativo valor ambiental e com potencial para transformação em espaços livres de uso público.

Figura 2. Mapeamento das áreas das áreas livres de equilíbrio ambiental da Regional 1- Grande Centro.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Também foram mapeadas as árvores de vias públicas, árvores do calçadão, árvores da praia e árvores de praças e parques (identificadas na Figura 2 em amarelo). No mapeamento das árvores, não foram consideradas as palmeiras por promoverem pouca sombra.

Para calcular as áreas de sombra promovidas pelas árvores das vias públicas e do calçadão foram mapeadas cada uma destas árvores, no mapa base do programa *ArcGIS*, através de uma circunferência no tamanho aproximado da copa de cada árvore. Concluído o mapeamento de todas as árvores de um bairro, foram somadas as áreas de cada circunferência, chegando-se ao que seria um valor aproximado da área total de suas copas.

As copas das árvores das praças e parques públicos não foram identificadas por circunferências, mas por um polígono de forma aproximada às das copas das árvores, somando-se a área de todos os polígonos para se encontrar o valor aproximado da área total de suas sombras.

Após o mapeamento das áreas, no entorno das áreas de preservação permanente e das áreas verdes de valor paisagístico foi demarcado um raio de 300 metros com o objetivo de identificar a influência e a distribuição da população residente nas proximidades, beneficiada pela presença de áreas verdes, conforme identificado na Figura 2. Posteriormente, foram geradas tabelas no programa *Excel* para organização e análise dos dados e respectiva geração dos índices de áreas verdes (IAV) da Regional 1 –Grande Centro.

4.2.1 Leitura dos índices de áreas verdes da Regional 1 do município de Vila Velha

Conforme já mencionado, o índice de áreas verdes (IAV) indica a quantidade de área verde (m²) por habitante. Neste trabalho, o mapeamento das áreas verdes, gerou diversos IAVs, combinando diferentes cenários de áreas verdes: áreas de preservação permanente, restinga, áreas de potencial paisagístico, arborização de vias e arborização de praças (conforme combinação especificada na Tabela 01 a seguir). Essa variação nos índices de áreas verdes foi gerada por não haver um consenso, entre autores, sobre quais desses espaços devem ser consideradas para cálculo do IAV.

Tabela 01. Combinação para calculo de Índices de áreas verdes.

IAV	IAV M²/HAB	APP	Restinga (m²)	Árvores/ Área Copa (m²)	Árv. Calç. Copa (m²)	Árvores Praia (m²)	Árvores Praças (m²)	AVPP (m²)
IAV 1	16,97	X	X	X	X	X	X	X
IAV 2	14,28	X						
IAV 3	16,18	X	X	X	X	X	X	
IAV 4	1,90		X	X	X	X	X	
IAV 5	2,70		X	X	X	X	X	X
IAV 6	1,15			X				
IAV 7	1,50			X	X	X	X	
IAV 8	0,80							X

A marcação através do "X" indica o que foi considerado para geração de cada índice.
Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

Consideradas todas as áreas verdes mapeadas, o índice da região (IAV 1) é de aproximadamente 16,97 m²/hab. Apesar deste índice estar acima do mínimo recomendado pela SBAU (15m²/hab), constatou-se que grande parte destes espaços são constituídos por unidades de preservação permanente e, portanto, são áreas de acesso restrito à população, com inadequada infraestrutura de suporte aos usuários, vulnerabilidade social, além de serem espaços concentrados, privilegiando os bairros nas imediações.

O valor atingido dá-se em razão das áreas de preservação permanente (APP) predominantes entre os espaços públicos de equilíbrio ambiental, sendo sua preservação imposta pela legislação. Os índices mostram que, excluídas as áreas de preservação permanente, não existem espaços verdes públicos significativos distribuídos pelos bairros. Isso também permite concluir que o Poder Público tende a manter somente os espaços verdes que a lei exige, não se preocupando em criar novos espaços verdes distribuídos pelos bairros para melhorar a qualidade de vida da população nos aspectos ambiental e de lazer.

Vale também ressaltar que as APPs estão presentes em 6 (seis) dos 18 bairros da regional, não beneficiando diretamente os demais bairros. São eles os bairros: Centro, Glória Jaburuna, Jockey de Itaparica, Olaria e Praia da Costa, sendo o Centro o bairro como maior Índice de Áreas Verdes (141,25 m²/hab, conforme representado na Tabela 2). Este número reflete a presença de Zonas Especiais de Interesse Ambiental, como o Morro do Convento da Penha e parte do Morro Jaburuna. Se for considerado por bairro, é possível observar que o IAV dos bairros limítrofes às APPs (Centro, Glória, Jaburuna e Praia da Costa) alcançam valores mais satisfatórios, entretanto, os bairros mais afastados às áreas de preservação contabilizam índices próximos ao zero. Por exemplo, o bairro Boa Vista I e Boa Vista II possuem, respectivamente, IAV1 de 0,38 e 0,35 m²/hab, enquanto, no Centro, esse índice chega a 141,25 m²/hab. Isso acontece porque grande parte das APPs estão localizadas no Centro do município.

Tabela 02. Distribuição das áreas verdes por bairro da Regional 01- Grande Centro.

Bairros	Área (m2)[1]	População (hab)[1]	IAV 1 (m²/hab)
Boa Vista I	91.190	3.143	0,38
Boa Vista II	207.862	3.515	0,35
Centro	2.563.492	7.880	141,25
Coqueiral de Itaparica	787.687	13.696	0,90
Cristóvão Colombo	494.169	6.835	0,75
Divino Espírito Santo	1.248.045	8.031	0,75
Glória	781.946	7.900	17,12
Ilha dos Ayres	356.167	3.691	1,71
Itapuã	1.075.374	22.808	1,89
Jaburuna	627.049	5.836	28,45
Jockey de Itaparica	1.272.120	2.393	13,05
Olaria	244.920	1.596	4,33
Praia da Costa	2.715.610	31.083	28,61
Praia das Gaivotas	324.022	6.282	1,82
Praia de Itaparica	1.600.313	11.648	5,18
Residencial Coqueiral	218.365	1.554	0,62
Soteco	481.072	8.189	1,17
Vista da Penha	45.125	1.199	0,41
TOTAL REGIONAL 01	15.134.528	**147.279**	**16,97**

Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

É grande o impacto das APPs no cálculo do IAV, pois se forem consideradas somente essas áreas, excluindo as demais, esse índice (IAV 2) é de 14,28 m²/hab. Ou seja, considerando toda a área verde mapeada, o índice é de 16,97m²/hab., mas, se considerado somente as APPs, o índice é de 14,28 m²/hab., e sem a APP o índice cai para 2,56 m²/hab (IAV 5), conforme Tabela 1.
Somando-se as área de sombras proporcionadas pelas árvores das vias públicas, calçadão, praia, praças e parques, o índice (IAV 7) é de apenas 1,50m²/hab. O IAV 6, de 1,15 m²/hab, foi calculado considerando apenas as árvores de vias públicas e evidencia a precariedade da arborização urbana distribuída pelos bairros.
Quanto às árvores das vias públicas, é nítida a maior escassez nos pontos da regional dominados pelo mercado imobiliário, através do processo de verticalização, e maior concentração de árvores nos locais onde existe a predominância de residências unifamiliares. Vale também ressaltar, que nos terrenos onde foram construídos edifícios, em sua grande maioria, não se encontram árvores nas respectivas calçadas.
Outro ponto relevante é o raio de abrangência das áreas de equilíbrio ambiental. A Figura 02 mostra uma mancha no entorno das APPs que indica um raio de 300m a partir do seu limite. Esse raio abrange um baixo percentual da população da Regional estudada, o que indica a necessidade de inserção de novas áreas verdes distribuídas de forma mais equilibrada entre os bairros da região. Exemplo disso são as áreas verdes de potencial paisagístico (AVPP), que, apesar de particulares, disponibilizam de extensos espaços verdes que beneficiam o ambiente urbano. Se for considerado o raio de 300m no entorno das AVPP, uma maior parte da população torna beneficiária dessas áreas, equilibrando melhor o acesso e consumo dos espaços verdes à população. Essas áreas verdes particulares de valor paisagístico geram sozinhas um IAV de 0,8 m²/hab. (IAV 8).

4.3 Identificação dos espaços livres potenciais da Regional 01 – Grande Centro.

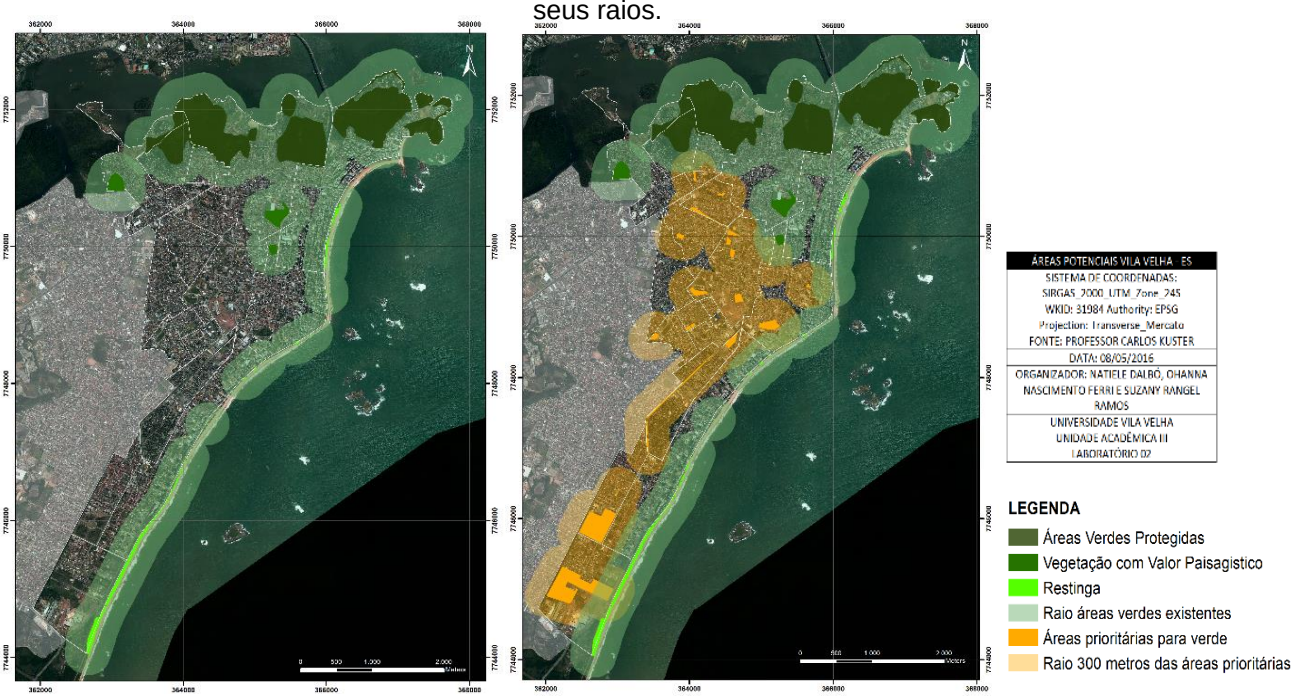
Os espaços livres potenciais são espaços/terrenos livres, sem qualquer infraestrutura privada ou pública, também chamados de vazios urbanos. Na maior parte deles encontram-se usos informais, campos de futebol improvisados, caminhos e locais de permanência realizados pelos próprios moradores. Para identificação dos espaços livres potenciais da Regional 01 foi utilizado como

referência o Manual “Espaços Públicos: Diagnóstico e Metodologia de Projeto” que contém informações importantes sobre métodos para análise dos espaços livres potenciais (GATTI S., 2013).

Os terrenos potenciais foram identificados confrontando as áreas não contempladas pelo mapeamento das áreas livres de equilíbrio ambiental e suas áreas de abrangências, considerando o raio de influência de 300 metros (ilustrados em verde na Figura 4) das áreas de equilíbrio ambiental existentes para instalação de novas áreas verdes, preenchendo os espaços deficientes, conforme ilustrada em amarelo na Figura 5.

Figura 4: Regional 1 com raio das áreas verdes existentes

Figura 5: Regional 1 com raio das áreas verdes existentes e áreas potenciais prioritárias com seus raios.



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016

Identificados os espaços carentes de áreas verdes, surgiu a necessidade de mapear terrenos potenciais que pudessem ser transformadas em áreas verdes.

A partir de cada espaço considerado como área verde, foram estabelecidos raios de 300 metros no seu entorno, pois se entende que essa distância é ideal para que a população residente nas proximidades acesse a área com facilidade, considerando um percurso a pé. Os espaços potenciais que foram mapeados são áreas fora desses raios de 300 metros que visam preencher esses espaços carentes de áreas verdes. Ao todo foram mapeados 25 terrenos prioritários, em função das áreas verdes existentes.

Diante dos mapas, é possível observar o grande vazio existente atualmente na Regional 1, e que os terrenos prioritários, evidenciados em amarelo na Figura 05, são de extrema importância para equilibrar a presença de áreas verdes e contribuir para melhoria da qualidade de vida urbana da população. Acredita-se que terrenos potenciais, que não dispõem ainda de áreas verdes, podem

ser trabalhados, pelo município, para criação de parques ou praças, com abundante vegetação e taxa de permeabilidade, voltados também para atividades sociais e de recreação.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa mostra, através do mapeamento das áreas de equilíbrio ambiental da Regional 1-Grande Centro, do município de Vila Velha, que as áreas verdes não atendem homogeneamente à população, pois se concentram em poucos bairros da cidade, em especial aqueles próximos ao litoral e às áreas de relevo acentuado, próximas à Baía de Vitória. Nos demais bairros faltam espaços verdes e em toda a região a arborização é precária.

Considerado um raio de abrangência de 300m a partir das áreas de preservação permanente observa-se a pouca faixa da região com acesso a essas áreas. A área de influencia aumenta quando considerados os raios de 300m a partir das áreas verdes de valor paisagístico, que apesar de particulares e inacessíveis, beneficiam a cidade em razão da grande área de vegetação disponível.

Através do mapeamento das áreas potenciais foram identificados terrenos potenciais, em diversos pontos da cidade, possíveis de serem transformados em espaços verdes acessíveis a maior parte da população. Se o poder público transformar parte destes terrenos em áreas verdes é possível abranger toda a Regional 1 do município de forma equilibrada, aumentando a qualidade ambiental significativamente, além de criar espaços para práticas sociais.

Indiscutível a importância das APPs, no entanto, como já exposto, elas se concentram em regiões específicas abrangendo pequena parte da Regional 1, enquanto as árvores de vias públicas podem ser espalhadas por todas as vias, com distribuição homogênea nos bairros, contribuindo para controle de temperatura na cidade, melhoria da qualidade do ar, desenvolvimento do ecossistema local, além de benefícios psicológicos dos moradores e frequentadores dos bairros, promovendo também benefícios estéticos para a cidade.

Os mapas e tabelas gerados constituem fonte de dados para possíveis futuras intervenções do poder público na criação de espaços livres de uso público para o município de Vila Velha, visando aumentar a qualidade de vida da população no aspecto urbano, ambiental e, por consequência, social, pois as áreas verdes criadas acabam tornando-se espaços públicos de convivência.

Recomenda-se um aprofundamento nos estudos visando o desenvolvimento de uma rede de áreas verdes para o município, com diversidade de uso e consumo, com espaços destinados a um público local e também espaços de abrangência regional, municipal e até metropolitano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GATTI, Simone. **Espaços Públicos. Diagnóstico e metodologia de projeto**. São Paulo, ABCP, 2013. 91 p.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1998.

HARDER, Cristina Fialho. RIBEIRO, Roberval de Cássia Salvador. TAVARES, Armando. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100- 67622006000200015> Acessado em 10.03.2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. ***Censo demográfico 2010***. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

Lei nº 4.575/2007. **Plano Diretor Municipal de Vila Velha***, ES.* 2007.

LIMA, Ana Maria Liner Pereira. CAVALHEIRO, Felisberto. NUCCI, João Carlos. SOUZA, Maria Alice de Lourdes Bueno. FIALHO, Nilva de Oliveira. PICCHIA, Paulo Celso Dornelles Del. **Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos**. Disponível em <http://www.labs.ufpr.br/site/wp-content/uploads/2014/07/lima_anaisdecongressos_cbau_1994.pdf >. Acessado em 14/03/2016.

MENDONÇA, E. M. S. **A importância metropolitana do sistema de espaços livres da região de Vitória – ES – Brasil**. In EURO ELECS 2015, Guimarães, Portugal. In Anais EURO ELECS 2015, Guimarães, Portugal, Vol. III, 2015.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Metas de Sustentabilidade para os Municípios Brasileiros (Indicadores e Referências)**. Rede Nossa São Paulo. Rede Social Brasileira por Cidades Justas e Sustentáveis. Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. Carta de Londrina e Ibiporã. Boletim Informativo, v.3, n.5, p.3, 1996.

379. CONTROL TÉRMICO Y LUMÍNICO EN EDIFICIOS CON VEGETACIÓN INSTALADA EN VANOS DE FACHADA. CASO DE ESTUDIO: BIBLIOTECA LEÓN DE GREIFF, MEDELLÍN

TORRES CORTES, Johan[*1](jotorresco@unal.edu.co)*
[1]Grupo EMAT, Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Colombia
**Autor corresponsal*

RESUMEN
En Medellín el aumento de la temperatura en el interior de los edificios requiere soluciones que permitan la habitabilidad y la eficiencia energética. Las estrategias pasivas, como la vegetación instalada en los vanos de fachada, generan sombreamiento que aportan a la mitigación térmica, cuando se logra reducir la radiación solar directa que es una de las causas principales del aumento de temperatura en el interior de los espacios. Considerando que la sombra del follaje de la vegetación también reduce la cantidad de iluminación natural dentro del edificio, la presente investigación analiza la reducción de radiación solar directa en relación con la iluminación natural que se sacrifica cuando se instalan estrategias pasivas que incorporen vegetación en vanos de fachada, comparando tres enredaderas (*Mandevilla laxa*, *Thunbergia grandiflora* y *Pyrostegia venusta*) de diferente disposición, morfología y densidad de follaje; estudiando primero el comportamiento de cada enredadera en la reducción de radiación solar directa e iluminación en cada uno de los meses del año y horas del día, instaladas en orientaciones cada 15° para graficar el comportamiento según diferentes orientaciones y temporalidades. Se selecciona como caso de estudio el Parque Biblioteca León de Greiff en Medellín para estudiar los beneficios que tendría instalar diferente vegetación en fachada y compararlo con los acabados de control solar con los que cuenta actualmente la fachada del caso de estudio (vidrio con películas opacas), se prioriza la vegetación que logre menos radiación solar directa en el interior y además logre niveles adecuados de iluminación natural según la actividad que se realice en los diferentes espacios del Edificio.
Palabras-clave: Vegetación en fachada; Protección solar; Sombreamiento en vanos; Clima urbano; Iluminación natural.

THERMAL AND LUMINIC CONTROL, IN BUILDINGS WITH VEGETATION INSTALLED IN FAÇADE HOLES. STUDY CASE: LEÓN DE GREIFF LIBRARY, MEDELLÍN

ABSTRACT
In Medellín, the increase of the temperature inside the buildings requires solutions that allow the habitability and the energy efficiency. Passive strategies, such as the vegetation installed in the façade, generate shading that contribute to thermal mitigation, when direct solar radiation is reduced, which is one of the main causes of the increase of temperature inside the spaces. Considering that the shade of the foliage of the vegetation also reduces the amount of natural illumination inside the building, the present investigation analyzes the reduction of direct solar radiation in relation to the natural illumination that is sacrificed when passive strategies are installed that incorporate vegetation in Façade holes, comparing three creepers (*Mandevilla laxa*, *Thunbergia grandiflora* and *Pyrostegia venusta*) of different arrangement, morphology and foliage density; Studying first the behavior of each creeper in the reduction of direct solar radiation and lighting in each of the months of the year and hours of the day, installed in orientations every 15 ° to graph the behavior according to different

orientations and temporalities. The Leon de Greiff Library Park in Medellín is selected as a study case to analyze the benefits of installing different vegetation on the facade and compare it with the solar control finishes that currently have the facade of the study case (glass with opaque films) , Priority is given to vegetation that achieves less direct solar radiation in the interior and also achieves adequate levels of natural light depending on the activity carried out in the different spaces of the building.
Keywords: Vegetation in façade; Sun protection; Shading in façade holes; Urban climate; Natural lighting.

1. INTRODUCCIÓN

En el clima tropical de la ciudad de Medellín requiere estrategias de control térmico para los edificios (JAFFAL; OULDBOUKHITINE; BELARBI, 2012). Los sistemas de enfriamiento activos como el aire acondicionado son una solución que presenta impactos sobre el ambiente y la salud de los usuarios (B.F Yu. et al., 2009). La radiación solar directa es una de las variables principales en el aumento de la temperatura en el interior de edificios (SIMONE et al., 2014. SALAZAR, 2006), por esto la presente investigación estudia sistemas pasivos de mitigación térmica que reducen la cantidad de radiación solar directa que ingresa a espacios, específicamente mediante el sombreamiento que brinda la vegetación instalada en vanos de fachadas.
Investigaciones anteriores analizaron el rendimiento térmico del arbolado urbano (HOCINE; ABDELMALEK, 2013) según la sombra y silueta de la permeabilidad del follaje durante el día (VILLALBA; PATTINI; CORREA, 2014. ARBOIT, 2013). La vegetación en las fachadas de los edificios principalmente se instala sobre áreas de muro cerrado, investigaciones relacionadas analizan la reducción térmica sobre los paneles de soporte de la vegetación (C.Y; KEN K:S; L.M, 2010), además miden la reducción de temperatura sobre los muros de fachada (SUSOROVA et al., 2013). Otras investigaciones demuestran la reducción de la temperatura del aire cerca a las fachadas con vegetación (EUMORFOPOULOU; KONTOLEON, 2009).
La reducción de la radiación solar directa, por el sombreamiento de la vegetación, también afecta la cantidad de luz que ingresa a un espacio. Las estrategias pasivas con vegetación analizadas en la presente investigación, miden la reducción de la radiación solar directa en relación con la iluminación natural que ingresa al caso de estudio Biblioteca León de Greiff, para la tarea desempeñada en su interior (UNE, 2002) (SALAZAR; ARANGO; GIRALDO, 2011).
El reglamento técnico RETILAP afirma (2009):”excluyendo siempre la luz directa del sol sobre los planos de trabajo, por su gran intensidad lumínica, que genera contrastes excesivos, (…), de lo contrario los ocupantes de los edificios tienden a eliminar totalmente el ingreso de luz solar y a reemplazarla por iluminación artificial, cambiando las condiciones ambientales interiores y perdiendo la oportunidad de ahorrar energía eléctrica (…) Las ventanas deberán contar con dispositivos apropiados (intermedios) para controlar la entrada de luz directa, la ventilación, la sombra, etc.”.
La presente investigación permite conocer y analizar los aportes de la permeabilidad del follaje de la vegetación instalada en fachada, en el control de la radiación solar directa y la iluminación natural en espacios arquitectónicos interiores, relacionando la vegetación y el clima del contexto seleccionado con decisiones de diseño, para aportar bases para la implementación de vegetación de manera consciente y con criterios climáticos y ergonómicos en la arquitectura.

2. OBJETIVO

El objetivo del proyecto es generar criterios de selección de estrategias de control climático pasivas con vegetación en vanos de fachadas, estudiando el rendimiento climático térmico y lumínico otorgado por la permeabilidad del follaje, para su aplicación consciente y crítica en espacios arquitectónicos construidos en la ciudad de Medellín, relacionando necesidades climáticas del uso predominante de los espacios estudiados, aportando en la búsqueda de equilibrio entre ergonomía visual y ergonomía térmica e incorporando el manejo ambiental con vegetación sobre las fachadas.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Consideraciones iniciales

La investigación analiza las áreas de fachada abierta o vanos que tienen relación con los espacios interiores, y en el aporte de la permeabilidad del follaje en la reducción de la radiación solar directa que ingresa a los espacios, utilizando la metodología de investigaciones anteriores para cuantificar la permeabilidad del follaje según el ángulo de incidencia solar a lo largo del día (TORRES, 2016).
Se relaciona la permeabilidad del follaje con la radiación solar directa y la iluminación natural que recibe una fachada en Medellín. Se selecciona como caso de estudio la Biblioteca León de Greiff para comparar su estrategia de control solar actual con la vegetación estudiada. La fachada de la biblioteca aunque está orientada al oeste, se simula en todas las orientaciones estudiadas para comparar entre sistemas de protección solar artificiales y naturales.
Se dividió la investigación en fases complementarias: la primera con la selección de la vegetación, la segunda con la cuantificación de la permeabilidad del follaje de la vegetación seleccionada en la fase anterior, la tercera fase relaciona la permeabilidad de la vegetación con la radiación solar directa e iluminación natural que recibe la ciudad de Medellín en orientaciones cada 15° (24 orientaciones) en las horas día, comparando con simulaciones el rendimiento de la estrategia actual de protección solar de la fachada de la Biblioteca León de Greiff. Por último se analiza la fachada de la biblioteca comparando el rendimiento de la estrategia de control solar actual con la vegetación.
Para generar un aplicación del proceso en varias localizaciones dentro de la ciudad seleccionada, se omite la variable de la línea de no-cielo, definida como la poligonal formada por los obstáculos exteriores y puntos del horizonte debajo de los cuales es imposible ver el cielo, por su variabilidad según la posición, altura y contexto dentro del valle, de la geografía de la ciudad de Medellín.

3.2 Selección de vegetación

Se seleccionan plantas trepadoras por su capacidad de tolerar las condiciones climáticas del contexto, permitir la dirección del crecimiento del follaje por medio de mallas de diferentes materiales, permitir su instalación en vanos de fachada; y cómo logran controlar el ingreso de radiación e iluminación a través de su follaje.
Las especies de vegetación analizadas cuentan con características que influyen en el porcentaje de permeabilidad como la forma, distribución, disposición y transmisión lumínica del follaje. Por esto en la presente investigación, se seleccionaron tres especies de vegetación, para realizar un análisis comparativo y evidenciar las particularidades de cada especie de vegetación utilizada.
Para los criterios de selección de plantas trepadoras se considera la asequibilidad en los viveros de la ciudad, aportes estéticos como floración y que sea vegetación perenne. Se seleccionaron tres plantas trepadoras (Fig. 1): *Mandevilla laxa* de la familia *Apocynaceae*, *Pyrostegia venusta* de la familia *Bignoniaceae* y *Thunbergia grandiflora* de la familia *Acanthaceae*.

Figura 1. Fotografía de la vegetación seleccionada (de izquierda a derecha: Mandevilla laxa, Pyrostegia venusta y Thunbergia grandiflora)



3.3 Estudio de la permeabilidad del follaje

El porcentaje de permeabilidad de la vegetación a la radiación solar directa varía según el ángulo en que se analice, la investigación cuantificó la permeabilidad del follaje de la vegetación con fotografías tomadas en campo desde la posición del sol en la bóveda celeste en cada una de las horas día de cada mes (Fig. 2). Se decidió analizar un recuadro de la fotografía, donde 3 puntos del recuadro fueran tangentes a la silueta del follaje (Fig. 3).

Figura 2. Esquema de ángulo de fotografías a la vegetación (Marzo, 800 h)

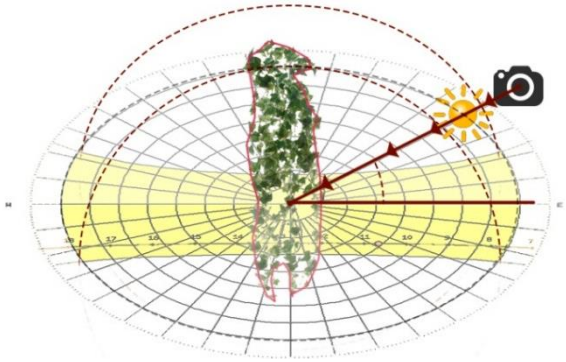


Figura 3. Criterio de selección del recuadro de la fotografía a analizar



Con del software Photoshop CC se aplicó a las fotografías efecto de alto contraste y con la función histograma se contó los pixeles que son parte del follaje en relación al total de pixeles dentro del recuadro analizado, encontrando el porcentaje de permeabilidad del follaje en cada fotografía desde el ángulo de incidencia solar (ver ecuación 1). Para obtener un promedio de la permeabilidad de la vegetación utilizada, se decidió estudiar el porcentaje de permeabilidad a 10 ejemplares de la misma especie en diferentes viveros de Medellín.

Ecuación 1. Porcentaje de permeabilidad de las estrategias

$$\mu\% = {}^{P^n}/_{P\sigma} \times 100$$

$\mu\%$ = Porcentaje de permeabilidad
P^n = Cantidad de pixeles negros
P^σ = Pixeles totales

3.4 Permeabilidad y reducción de la radiación solar directa

La radiación solar directa (Wh/m2) que incide cada hora en los planos verticales o fachadas fue estudiada, para cada mes en cada una de las 24 orientaciones de fachada, utilizando el software Radiasol 2.0. Los ángulos de radiación solar directa se relacionan con los de permeabilidad del follaje para obtener la cantidad de energía que ingresa a los espacios de un edificio en diferentes temporalidades (ver ecuación 2).

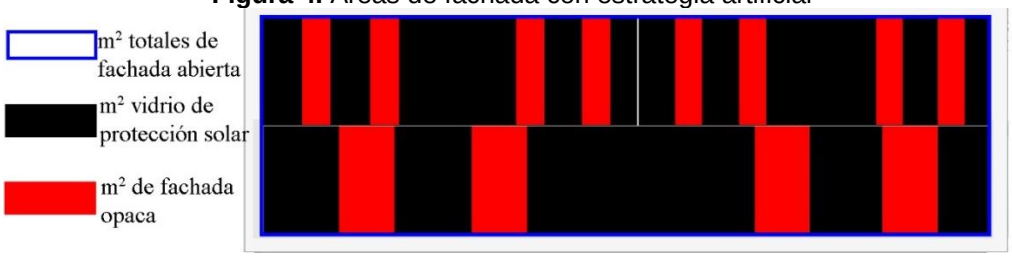
Ecuación 2. Radiación solar directa sobre las fachadas con vegetación

$$\frac{W}{m^2} F.Vegetación = \frac{W}{m^2}\ F.Sin\ estrategia \times \mu\%\ Vegetación$$

$\frac{W}{m^2} F.Vegetación =$ Watts de radiación del componente directo que recibe la fachada con la vegetación seleccionada por metro cuadrado en la hora analizada.
$\frac{W}{m^2}\ F.Sin\ estrategia$ = Watts de radiación del componente directo que recibe la fachada sin estrategia por metro cuadrado en la hora analizada.
$\mu\%\ Estrategia\ actual$ = Porcentaje de permeabilidad a la radiación solar directa de la vegetación en la hora analizada.

Para el caso de estudio, con su actual estrategia artificial, se compara el porcentaje de permeabilidad del área de fachada, restando el área de los elementos que no permiten incursión solar (Fig. 4) y aplicando el coeficiente de sombra del vidrio instalado en la biblioteca (SC: 0.26), con el objetivo de encontrar la reducción de radiación solar directa (ver ecuación 3) para comparar entre diferentes dispositivos de protección solar.

Figura 4. Áreas de fachada con estrategia artificial



Ecuación 3. Radiación sobre fachadas con estrategias artificiales

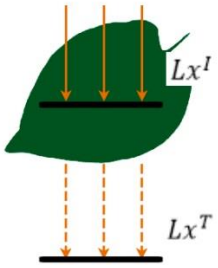
$$\frac{W}{m^2} F.Estrategia\ actual = \left(\frac{W}{m^2}\ F.Sin\ estrategia \times \mu\%\ Estrategia\ actual\right) * SC$$

$\frac{W}{m^2} F.Estrategia\ actual =$ Watts de irradiación del componente directo que recibe la fachada con la estrategia artificial por metro cuadrado.
$\frac{W}{m^2}\ F.Sin\ estrategia$ = Watts de irradiación del componente directo que recibe la fachada sin estrategias.
$\mu\%\ Estrategia\ actual$ = Porcentaje de permeabilidad a la radiación solar directa de la estrategia artificial.
SC = Shadow Coefficient del vidrio de protección solar actual.

3.5 Permeabilidad y control de la iluminación natural

La fuente de luz considerada para el cálculo de iluminación diurna en edificios es la bóveda celeste (Ministerio de Minas y Energía. 2009), por esto para la iluminación se trabaja con el porcentaje promedio máximo de permeabilidad de las estrategias analizadas. La iluminación que incide sobre las fachadas de un edificio, se simulan utilizando el software DIALux 4.12, considerando siempre un cielo despejado. Se analiza la transmisión de luz visible a través de las hojas del follaje promediando el TL (coeficiente de transmisión lumínica) de 10 hojas de especímenes de la misma planta, analizando la cantidad de luxes incidentes (lx^I) en relación con los luxes que logran atravesar las hojas (lx^T) (Fig. 5) (ver ecuación 4), se consulta que la fachada de la biblioteca cuenta con TL 19. La cantidad de luxes que inciden sobre la fachada se analizan relacionando la permeabilidad, el TL de cada una de las estrategias y los resultados simulados según la orientación y hora (ver ecuación 5).

Figura 5. Esquema de análisis de TL de la vegetación



Ecuación 4. Coeficiente de transmisión lumínica de la vegetación

$$TL = \frac{lx^T}{lx^I} \times 100$$

TL = Coeficiente de transmisión lumínica
lx^T = Luxes trasmitidos
lx^I = Luxes incidentes

Ecuación 5. Luxes que inciden sobre una fachada con vegetación

$$Lx^{IF} = (Lx^{TF} \times \mu\%^{max}) + ((Lx^{TF} \times (100\% - \mu\%^{max})) \times TL)$$

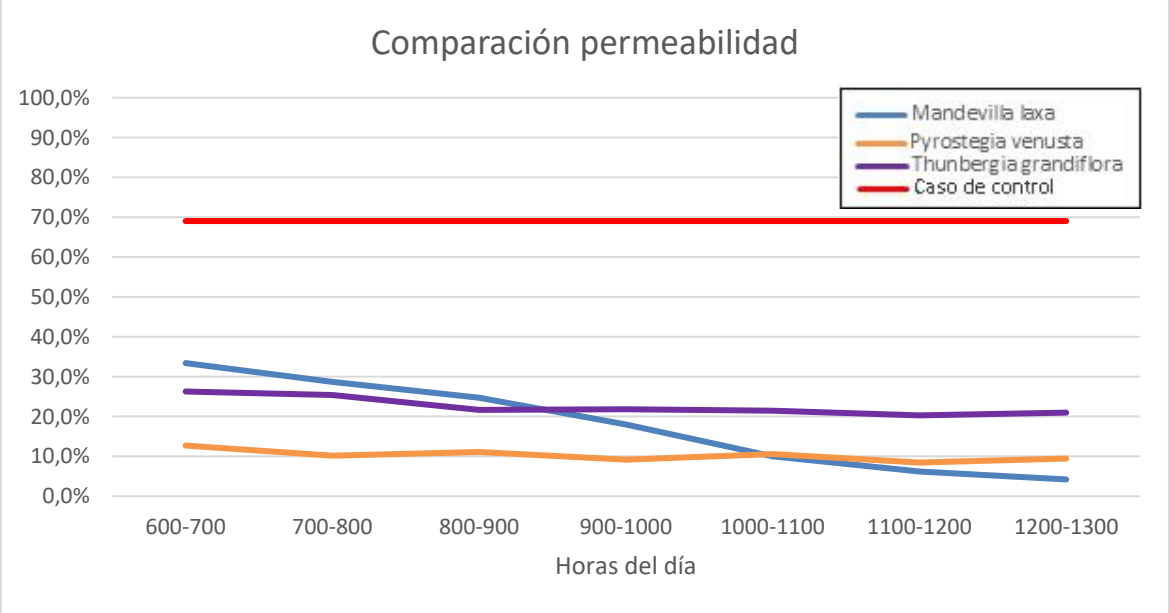
lx^{IF} = luxes que inciden sobre la fachada con la estrategia analizada.
lx^{TF} = luxes que inciden sobre la fachada sin ninguna estrategia.
$\mu\%^{max}$ = porcentaje de permeabilidad máximo de la estrategia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Permeabilidad

La curva de permeabilidad del follaje de la especie *Mandevilla laxa* (Fig. 6), da cuenta del comportamiento de la disposición de follaje aparasolada, a medida que el ángulo de incursión solar se hace paralelo a la fachada, la permeabilidad del follaje reduce. En la curva de permeabilidad del follaje de la *Pyrostegia venusta* (Fig. 9) se encuentra un comportamiento uniforme en los diferentes ángulos. Los datos de la curva de la *Thunbergia grandiflora* (Fig. 6) muestra tendencia a la uniformidad, similar al follaje de la *Pyrostegia venusta* aunque con mayor permeabilidad.
El promedio de permeabilidad del follaje de la vegetación se compara con la permeabilidad de fachadas como la de Biblioteca León de Greiff (Fig. 6).

Figura 6. Permeabilidad de las estrategias



4.2 Radiación solar directa e iluminación natural

Los datos radiación solar directa se relacionan con la permeabilidad de la vegetación, encontrando así los Wh/m2 que ingresan a través del follaje a los espacios en las diferentes orientaciones estudiadas en los meses de diciembre y junio (solsticios), por ser los que cuentan con mayor radiación solar directa sobre las fachadas en general en el año (Fig. 7).
La iluminación natural se analizó graficando el comportamiento durante un año en cada una de las fachadas, lo que permite tomar decisiones arquitectónicas de acuerdo con el rendimiento de la vegetación durante un año (Fig. 8), si se requiere un énfasis especial en algunas épocas del año, como la temporada escolar.

Figura 7. Comparación radiación incidente en fachadas con las estrategias

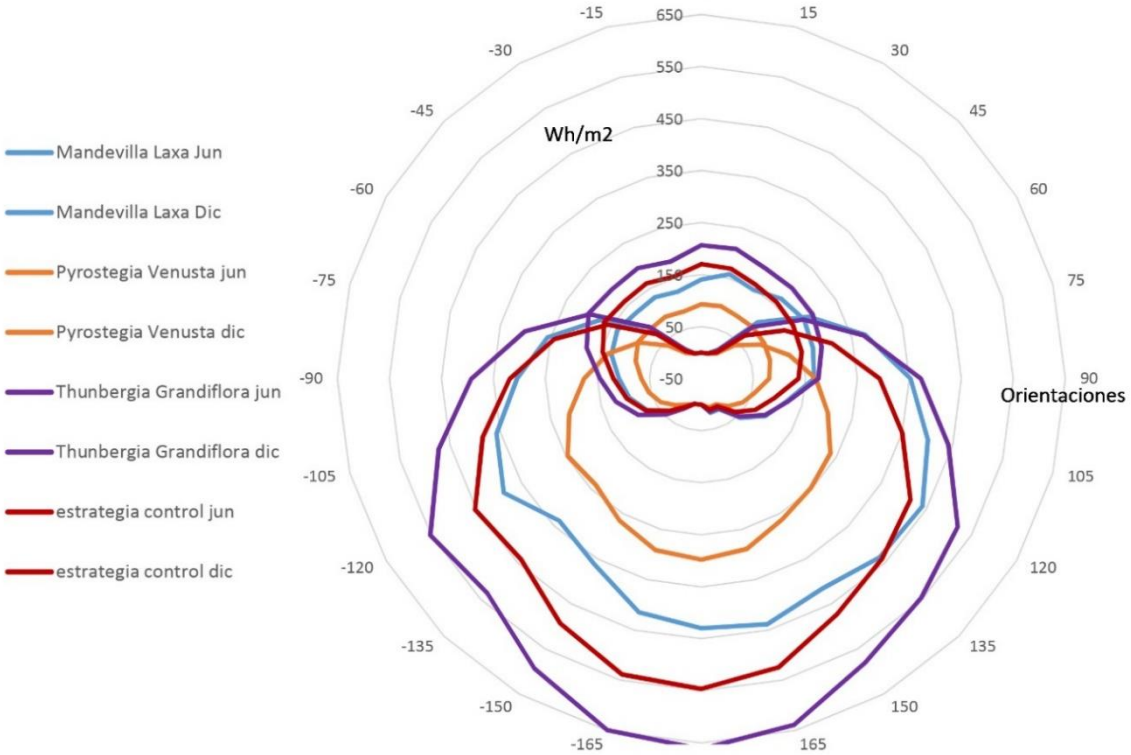
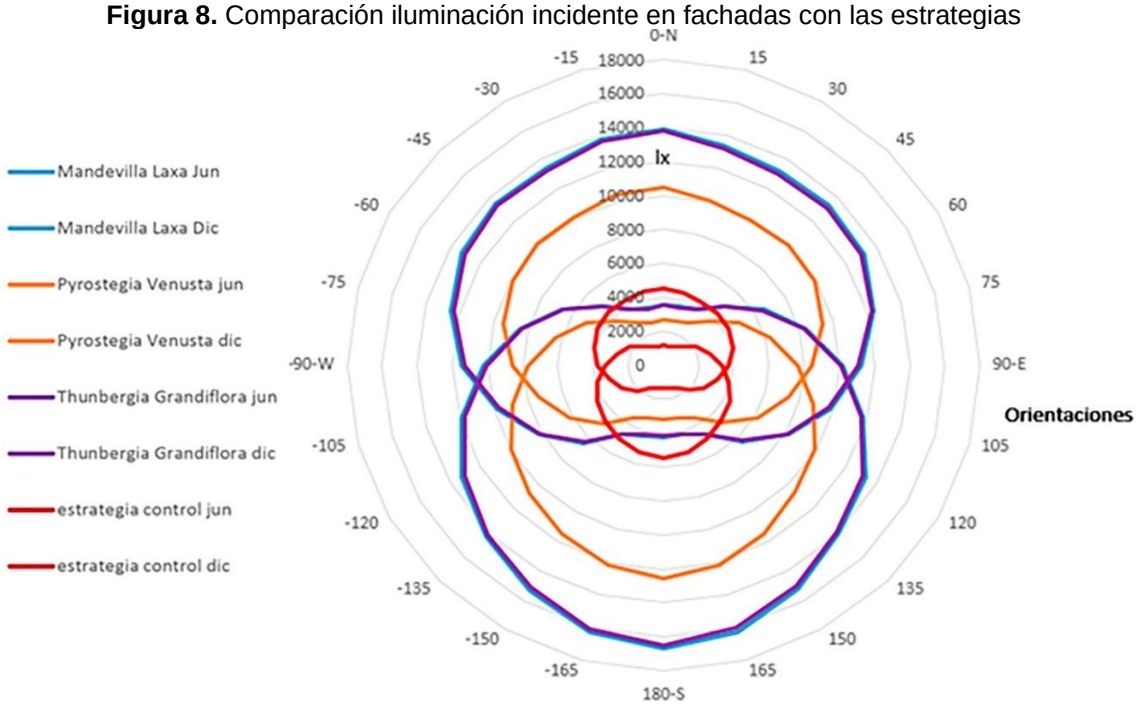


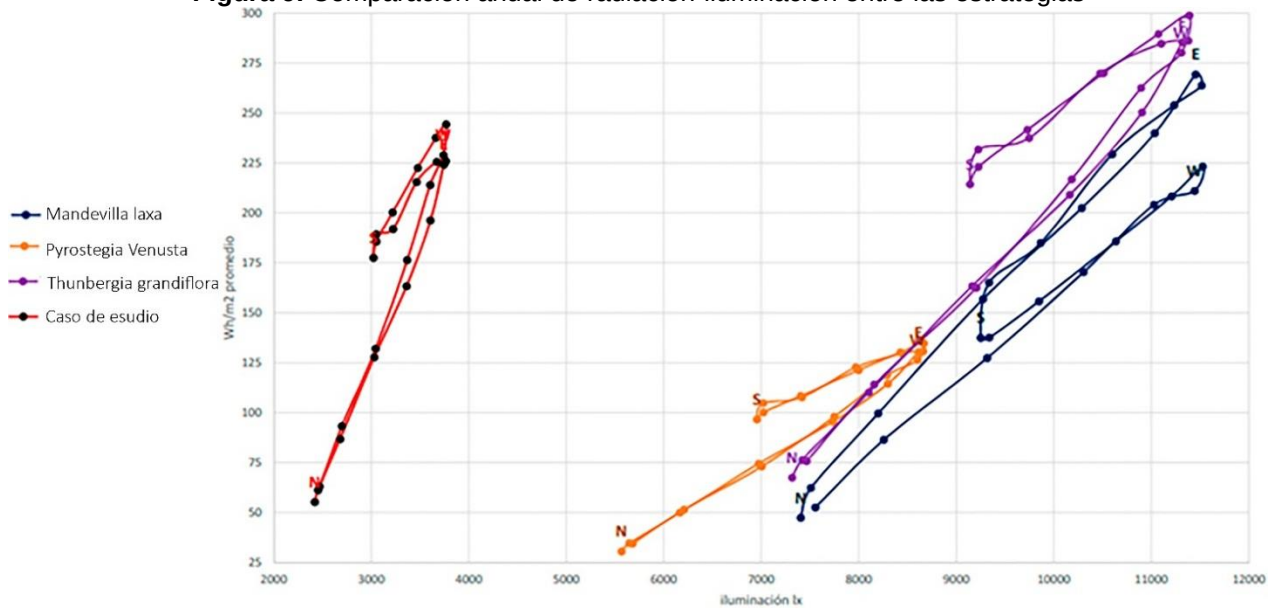
Figura 8. Comparación iluminación incidente en fachadas con las estrategias



4.3 Relación: radiación solar directa – iluminación natural

La radiación solar directa se grafica junto con la iluminación natural en cada una de las 24 orientaciones analizadas durante un año para cada estrategia analizada. El comportamiento de la curva de radiación e iluminación de las estrategias que cuentan con vegetación en la fachada supera la cantidad de iluminación que logra ingresar por la fachada y a su vez reduce la radiación solar directa en comparación con los vidrios de protección solar de la estrategia artificial (Fig. 9).

Figura 9. Comparación anual de radiación-iluminación entre las estrategias



5. CONCLUSIONES

La selección de la vegetación debe relacionarse con las necesidades arquitectónicas, considerando orientación, uso, privacidad, permeabilidad visual y horarios de actividad además de las necesidades de iluminación y temperatura. Independientemente de la orientación de la fachada, el rendimiento térmico y lumínico interior que otorga la vegetación analizada es superior a la estrategia de protección solar artificial instalada en la Biblioteca León de Greiff.

Vegetación o estrategias que cuenten con una disposición de follaje similar a la analizada tendrá una curva de permeabilidad promedio predecible, con cambios en el porcentaje de permeabilidad de acuerdo a su densidad. La disposición y densidad del follaje está relacionado con el comportamiento de la permeabilidad, esta a su vez incide sobre la iluminación y la radiación. Una disposición de follaje aparasolado tendrá una curva con cambios considerables de permeabilidad, permitiendo así bloquear más radiación a medida que los ángulos en que el sol incide tienden a ser paralelos a la fachada; a su vez este tipo de morfología permite relación visual con el exterior por su alta permeabilidad en los ángulos horizontales.

Para el presente trabajo se dio importancia a las estrategias que logran mitigar mayor cantidad de radiación solar directa para evitar elevar la temperatura en los espacios interiores, ya que por el clima es lo que se busca en Medellín, sin embargo otros contextos pueden requerir elevar la temperatura, se hace necesario estudiar cada caso en particular y controlar la cantidad de radiación solar que ingresa. Igualmente se prioriza la vegetación que permite mayor ingreso de iluminación

natural necesaria en la biblioteca donde se puede estudiar en investigaciones posteriores la distribución lumínica.
Las estrategias con vegetación en fachada se pueden instalar en edificaciones, construidas o en proceso de diseño, incluso que tengan instalados sistemas de aire acondicionado, donde conviene analizar el impacto de reducción del consumo energético del edificio.
La vegetación instalada en fachada, tiene beneficios adicionales que pueden ser analizados en investigaciones adicionales, como el aporte estético, efecto ambientador, filtro de agentes contaminantes, reducción de residuos sólidos urbanos, contribución a la red de los espacios verdes urbanos y fauna que permite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBOIT, Mariela. “Permeabilidad del arbolado urbano a la radiación solar: Estudio de dos especies representativas en entornos urbanos de baja densidad del Área Metropolitana de Mendoza, Argentina”. Revista Hábitat Sustentable. V.3, n.2, p. 3-18, 2013.

B.F Yu. et al. “Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health”. International Journal of Refrigeration. V.32, n.1, p. 3-20, 2009.

C.Y, Cheng; KEN K.S, Cheung; L.M, Chu. . “Thermal performance of a vegetated cladding system on façade walls”. Building and Environment. V.45, n.8, p. 1779-1787, 2010

EUMORFOPOULOU, EA; KONTOLEON, KJ. “Experimental approach to the contribution of plant covered walls to the thermal behaviour of building envelopes”. Building and Environment. V.44, n.5, p. 1024-1038, 2009.

FRANCIS, Robert; LORIMER, Jamie. “Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls”. Journal of Environmental Management. V.92, n.6, p. 1429-1437, 2011.

HOCINE, Boumaraf; ABDELMALEK, Tacherift.” Micoclimatiques conditions and variations of practices in outdoor environment”. Analele UniversităŃii din Oradea. P. 19-27, 2013.

JAFFAL, Issa; OULDBOUKHITINE, Salah-Eddine; BELARBI, Rafik. “A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance” Renewable Energy. V.43, p. 157-164, 2012

M.A, Cantón; J.L, Cortegoso; C, de Rosa. “Solar permeability of urban trees in cities of western Argentina”. Energy and Buildings. V.20, n.3, p. 219-230, 1994.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público-RETILAP. Anexo general, 2009. 32-100 p.

ISTAS. La prevención de riesgos en los lugares de trabajo. Paralelo Edición S.A., 2013. 497 p.

SALAZAR, Jorge; ARANGO, Lucas; GIRALDO, Natalia. Iluminación natural en el trópico: caso Colombia: memorias. Medellín Universidad Nacional de Colombia, 2011.

SALAZAR, Jorge. Diseño de sombras. Medellín Universidad Nacional de Colombia, 2006. 152 p.

SIMONE, Angela. et al. “Effect of passive cooling strategies on overheating in low energy residential buildings for Danish climate”. 8th Windsor Conference. P. 1-14, 2014.

SUSOROVA, Irina. et al. “A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance”. Building and Environment. V.67, p. 1-13, 2013

TORRES, Johan. “Mitigación térmica con vegetación en vanos de torres de vivienda en Medellín”. Cuarto Congreso Internacional Medio Ambiente Construido y Desarrollo Sustentable (MACDES). P.1-10, 2016.

UNE 12464.1. Norma europea sobre la iluminación para interiores, noviembre de 2002, p. 5-8.

410. AGRICULTURA URBANA COMO ELEMENTO INTEGRANTE DA INFRAESTRUTURA SUSTENTÁVEL: A SITUAÇÃO NO BRASIL E EM PORTUGAL

MASCARÓ, Juan José*[1], pesquisador (juan@upf.br); VARGAS ACUNHA, Bianca[1], graduanda e estagiária de iniciação científica (bianca_acunha@hotmail.com)

[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil

Juan José Mascaró

RESUMO

Agricultura dentro das cidades tem sido reconhecida por sua contribuição para a sustentabilidade urbana, devido à capacidade de integrar aspectos sociais, econômicos e ambientais que foi inserida na abordagem de serviços de ecossistemas. Ao mesmo tempo, ela mostra potencial para contribuir para a redução da pegada ecológica urbana, fazendo a ponte entre a produção e o consumo de alimentos. A relação entre as cidades e agricultura têm sido o principal motivador na segregação apesar de sua dependência mútua. Em Portugal como no Brasil essa segregação de espaço significou também a segregação de funções e metas de gestão além da segregação de políticas: as políticas agrícolas por um lado e as políticas urbanas por outro, tratadas separadamente nos diferentes compartimentos institucionais. Duas políticas que têm vindo a evoluir com base em diferentes visões de mundo, raciocínios, instrumentos de regulação e pouca comunicação. Este artigo optou por se concentrar em explorar a variedade de situação e a diversidade de pessoas que trabalham na agricultura urbana na busca por definir a base para a integração mais flexível no processo de planejamento urbano em Portugal e no Brasil. Assim, pretende proporcionar *insights* sobre as motivações atuais dos agricultores urbanos e suas expectativas em relação ao futuro destes espaços. No caso do Brasil, à procura de elementos de comparação que denotam diferentes aspectos das áreas onde a agricultura surgiu em algumas cidades brasileiras, suas políticas públicas e a relação com os cidadãos apontam resultados interessantes e promissores. É necessário pensar uma nova abordagem para lidar com a nova situação social nos dois países. Fortalecer organizações sociais nascidos na web como também as associações coletivas de bairros afim de criar vínculos e ações efetivas para tornar a agricultura urbana uma realidade urbana e um elemento integrante da infraestrutura verde sustentável.

Palavras-chave: Urbanismo - Sustentabilidade - Agricultura – Infraestrutura

URBAN AGRICULTURE AS AN INTEGRATING ELEMENT OF SUSTAINABLE INFRASTRUCTURE: THE SITUATION IN BRAZIL AND PORTUGAL

ABSTRACT

Agriculture within cities has been recognized for its contribution to urban sustainability, owing to the ability to integrate social, economic and environmental aspects that has been framed with the approach of ecosystem services. At the same time, it shows potential to contribute to the reduction of the urban ecological footprint, bridging the production and consumption of food. The relationship between cities and agriculture has been the main motivator in segregation despite their mutual dependence. In Portugal and Brazil, this segregation of space also meant the segregation of functions and management goals beyond the segregation of policies: agricultural policies on the one

hand and urban policies on the other hand, treated separately in the different institutional compartments. Two policies that have evolved based on different world views, reasoning, regulation instruments and little communication. This paper has chosen to focus on exploring the variety of situation and the diversity of people working in urban agriculture in the search for the basis for more flexible integration in the urban planning process in Portugal and Brazil. Thus, it aims to provide insight into the current motivations of urban farmers and their expectations regarding the future of these spaces. In the case of Brazil, in search of elements of comparison that denote different aspects of the areas where agriculture appeared in some Brazilian cities, its public policies and the relation with the citizens point to interesting and promising results. It is necessary to think of a new approach to dealing with the new social situation in the two countries. Strengthen social organizations born on the web as well as collective neighborhood associations in order to create effective links and actions to make urban agriculture an urban reality and an integral element of sustainable green infrastructure.
Keywords: Urbanism - Sustainability - Agriculture - Infrastructure

1. INTRODUÇÃO

Nas décadas anteriores, grande parte da infraestrutura urbana foi construída sem muita preocupação com seus impactos na aparência e no meio cultural de uma cidade. O conceito de infraestrutura foi ampliado para integrar também a demanda por áreas verdes urbanas.

A infraestrutura urbana modernista-funcionalista do século XX reflete o pensamento de eficiência unilateral e depende de materiais e desempenho intensivos em energia (National Academy Press, 1986). Em vez disso, deve empregar uma "infraestrutura verde" que ofereça um conjunto diverso e amplo de serviços de ecossistemas biofísicos e culturais que contribua para a sustentabilidade urbana, assegurando que a redundância de infraestrutura constrói a resiliência urbana - a capacidade de absorver perturbações e se recuperar, mantendo essencialmente a mesma função, estrutura, feedbacks e, portanto, identidade (Walker et al., 2006). "Em essência, sugere abandonar a busca de uma solução única e adequada, com capacidade e flexibilidade suficientes nos sistemas para que eles possam recuperar e evoluir positivamente de perturbações" (SELMAN, 2012).

A infraestrutura verde é definida como "sistemas integrados espacial e funcionalmente e redes de paisagens protegidas apoiadas por infraestruturas protegidas, artificiais e híbridas de paisagens construídas que fornecem ao ecossistema múltiplos e complementares ecossistemas e paisagens em apoio da sustentabilidade" (AHERN, 2007).

Articular os serviços ecossistêmicos fornecidos pela infraestrutura verde é um tema de pesquisa emergente (Landscape Architecture Foundation 2014). Para os planejadores urbanos, há uma oportunidade sem precedentes no planejamento e na concepção da infraestrutura verde, tanto em contextos urbanos desenvolvidos quanto em desenvolvimento.

As cidades emergentes e em desenvolvimento do mundo têm, portanto, a oportunidade única de "fazer a coisa certa na primeira vez" e "ultrapassar" a fase modernista / industrial de infraestrutura industrial monofuncional, de baixo desempenho e insustentável - e começar de novo com um ambiente multifuncional orientado a serviços ecossistêmicos de infraestrutura verde. As intervenções de agricultura urbana no Brasil e em Portugal exploram uma série de modelos de trabalho com moradores de empreendimentos urbanos informais.

A infraestrutura híbrida ou paisagística integra-se com sistemas baseados em ecossistemas para fornecer múltiplas funções (FHWA 2006). Seu custo pode variar, dependendo do contexto e função. Infraestrutura é uma abordagem de desenvolvimento protetor ou pré-urbano que é apropriada para paisagens periféricas e urbanas marginais para manter a integridade ecológica funcional (BENEDICT E MACMAHON, 2006).

Como mencionei antes, a agricultura urbana é "naturalmente" parte da infraestrutura verde. A agricultura urbana é um termo relativamente novo para uma grande e complexa área de horticultura científica. Em termos gerais, a agricultura urbana é o estudo das interações entre a administração da cidade de alimentos e sua preocupação com o uso funcional das plantas para manter e melhorar o ambiente urbano (TUKEY, 1983).
Como afirma Tardin (2008, p.54):

> "a agricultura urbana, muitas vezes é diretamente relacionada à identidade de um lugar, normalmente ocupa espaços que frequentemente sofrem a pressão da urbanização, em particular, quando se encontram em condições de produção não lucrativas. No entanto, incentivar a agricultura no território representa uma oportunidade para recreação, educação ambiental, criação de empregos, condições de produção e comércio para pequenas produções urbanas e manutenção do espaço livre a baixo custo."

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é explorar a integração espacial e a integração de políticas da agricultura urbana, tanto em Portugal como no Brasil, utilizando exemplos ilustrativos que expõem as questões em jogo no planejamento urbano e no processo de produção final do espaço público.

3. METODOLOGIA

O procedimento metodológico aplicado no desenvolvimento do trabalho compreende seis etapas, tendo como início uma densa revisão bibliográfica do tema, passando por um estudo e posterior análise das políticas públicas vigentes, inserindo um estudo do usuário do espaço, finalizando com as conclusões e diretrizes de intervenção. As etapas metodológicas do trabalho são:
(A) identificar o marco de atuação dos governos nacionais e locais do Brasil e de Portugal na implementação de políticas públicas em infraestrutura verde e da agricultura urbana assim como os principais projetos em andamento.
(B) estudar os espaços verdes urbanos na legislação e na prática de ambos os países. Quais são os critérios técnicos e se tiverem outros quais são na previsão e implantação desses espaços fazendo um comparativo com as principais referências bibliográficas do tema.
(C) estudar o impacto na estrutura periurbana da construção de infraestrutura verde em Lisboa como caso real e em Passo Fundo/RS através de uma simulação de implantação.
(D) análise da participação da comunidade e dos interessados na agricultura urbana como sendo um item de fundamental importância do planejamento, projeto e manutenção da infraestrutura verde através da aplicação da ferramenta APO (avaliação pôs- ocupação).
(E) análises dos resultados obtidos para elaboração das conclusões finais.
(F) elaboração das diretrizes e recomendações finais estabelecendo estratégicas e abrangentes no tempo e no espaço, para que efetivamente as soluções contribuam para as metas de sustentabilidade e não apenas resolver problemas emergenciais.

3.1 Agricultura urbana em Portugal e no Brasil

Em muitos países, o público urbano está mostrando crescente interesse no meio ambiente e está desenvolvendo uma maior consciência das formas físicas e psicológicas que não apenas os espaços verdes, mas também o crescimento alimentar pode melhorar as condições urbanas.

Parece inevitável que as pressões sobre as autoridades municipais aumentarão para uma agricultura mais urbana.
Já em muitos países europeus e da América Latina, mais pessoas estão agora envolvidas em agricultura urbana do que as que estão empregadas na produção agrícola.
A agricultura urbana proporciona às cidades benefícios intangíveis derivados diretamente dos serviços ecossistêmicos - estéticos, arquitetônicos, recreativos e psicológicos -, mas também as suas funções físicas são valiosas. Mas com poucas exceções, o valor das plantas para a maioria desses propósitos não foi quantificado em qualquer extensão e pouco trabalho de pesquisa tem sido feito sobre o seu uso funcional. O lado da comodidade da agricultura urbana é diverso e disperso e com poucas exceções, não parece ter pressionado para o apoio à investigação de forma concertada.

3.1.1 Perspectivas de Lisboa: agricultura urbana em transição

A agricultura urbana em Lisboa mudou nos últimos anos. Durante décadas, a agricultura urbana em Lisboa foi dominada por ocupações espontâneas (ilegais) em vazios urbanos e em terras abandonadas (agrotóxicos). Foi estigmatizado como um sinal de "subdesenvolvimento" e ignorado pelas administrações municipais. Este tipo de agricultura urbana tem sido principalmente um subproduto da industrialização das áreas metropolitanas de Lisboa desde os anos 60, envolvendo populações tipicamente imigrantes de origens diferentes com fundo rural.
Não foi só até a administração municipal eleita de 2007 que a agricultura urbana foi colocada na agenda política, aproveitando o ímpeto dos movimentos sociais globais, nomeadamente para melhorar a segurança alimentar, a segurança alimentar ou o movimento "slowfood", por exemplo (PIETRYKOWSKI, 2004).
Em Portugal, desde 1999, cada Plano Diretor Municipal tem de circunscrever a Estrutura Ecológica Urbana para Lisboa. Neste contexto de revisão do Plano de Lisboa, surgiu a oportunidade para a administração se recordar da agricultura urbana à luz dos objetivos definidos para a Estrutura Ecológica Urbana. Há três perfis principais da agricultura urbana que podem ser distinguidos com base nas motivações dos agricultores urbanos: "impulsionado pela comunidade", "impulsionado pelo estilo de vida" e "impulsionado pela subsistência". A fim de transmitir a especificidade de cada perfil, foram selecionados três locais como ilustrativos de cada um: UA "comunidade-driven" no bairro de Chelas, "vida-estilo dirigido" UA no bairro Graça e "subsistência dirigida" no bairro de Oriente (Figura 1).

Figura 1. Agricultura Urbana em Lisboa em 2011



Do topo: primeira linha - Bairro de Chelas; Segunda linha - Bairro Graça; Terceira linha - bairro Oriente.

3.1.2 Perfil dirigido pela comunidade no bairro de Chelas

O plano urbano do bairro Chelas em Lisboa, remonta aos anos sessenta do século XX, liderado pela iniciativa da administração pública. Anteriormente, Chelas permaneceu por muitos anos uma paisagem dominada pela indústria, principalmente ao longo do córrego Chelas, e por pequenas fazendas (“Quintas”) onde a produção agrícola da cidade se iniciou.

A população que se move para Chelas tem sido desde o início culturalmente muito variada, reunindo imigrantes de várias origens, em primeiro lugar, de zonas rurais profundas no interior de Portugal, mais tarde, nos anos setenta, após a Revolução dos Cravos, por migrantes das antigas colônias. Sua estrutura baseada em células habitacionais independentes, era propensa à existência de vazios urbanos e espaços intersticiais abandonados a serem ocupados por agrotóxicos. Os espaços ocupados se baseavam na auto-organização das pessoas envolvidas. O local é dividido em 70 parcelas individuais, reutilizando a reciclagem de materiais de resíduos que cobre uma área de cerca de 12.000 metros quadrados.

3.1.3 Perfil de estilo de vida no bairro de Graça

O bairro de Graça está localizado no centro histórico de Lisboa. Este local encontra-se dentro da estrutura urbana medieval, tipicamente desordenada, construída em torno do castelo da cidade ("São Jorge", datado do século II a.C.). Mas desde que, nos anos noventa, um forte investimento público em reabilitação urbana melhorou a qualidade da habitação, um intenso processo de gentrificação ganhou vida. Hoje em dia, os mais velhos partilham o bairro pacífico com jovens e imigrantes recém-chegados, tanto portugueses como estrangeiros.

Como há pouco espaço, este ambiente urbano é bastante incomum para a agricultura urbana. Assim, também é muito menor em tamanho (1150 metros quadrados) quando comparado ao de Chelas. Este sítio está localizado em um pequeno vazio entre um prédio e uma rua, em um terreno público vago. Temporariamente, o espaço foi mantido pelas autoridades da cidade e coberto com gramado, que não sobreviveu ao sistema de irrigação considerado pobre, sendo que, pouco depois,

fora abandonado. A chamada "Horta do Monte" por seus usuários fora estabelecida pela população jovem apenas em 2010, que se uniram usando as mídias sociais[1].
A estrutura do sítio agrícola reflete também esta mistura cultural, uma vez que existe um lote gerido pela comunidade (partilhado por 17 pessoas) e 4 parcelas individuais menores da população local.

3.1.4 Agricultura urbana orientada para a subsistência em Oriente

Este bairro nos leva ao início dos anos noventa e antes disso não era realmente percebido como parte da cidade de Lisboa. Apesar da regeneração urbana dos arredores, o bairro de Oriente ainda é uma área que preserva suas características, com pouca estrutura de serviços, infraestruturas precárias e baixa qualidade do espaço público. Portanto, a agricultura urbana também aparece no espaço intersticial entre dois aglomerados residenciais consolidados: uma área de habitação única, de origem ilegal e uma área de habitação social de arranha-céus. Como em quase toda a cidade de Lisboa, este local de agricultura urbana aparece em terras abandonadas e não geridas. Neste caso, o espaço é uma área pública "não edificante" para a proteção do gasoduto que abastece a água de Lisboa a partir de um reservatório a 100 km ao norte, uma vez que nada pode ser feito sobre ele, nem mesmo as árvores podem ser plantadas para evitar os potenciais danos causados pelo sistema raiz à infraestrutura. Este sítio envolve 10 pessoas em uma área de 2150 metros quadrados divididos em 7 parcelas. Tudo começou apenas em 2011 devido à crise e ao desemprego. Em termos de características sociodemográficas é mais semelhante a Chelas, enquanto as motivações mais ligadas, mas há uma urgência de criação de ganhos extras para cobrir ou reduzir as despesas diárias.

3.1.5 Enfrentando a transição

De acordo com a administração da cidade, desde 2011, foram construídos 10 novos parques agrícolas, correspondendo a 400 parcelas (variando entre 50 e 150 m2 cada). A maioria destes parques foram construídos na parte superior ou nas áreas de ocupação de posse existentes. A administração pretende implementar mais de 20 parques até 2017.
Estes parques são de propriedade da administração da cidade e alugados a agricultores urbanos em um valor por metro quadrado. Cada lote é equipado com um abrigo de ferramentas e está ligado a instalações públicas, nomeadamente a água, que é um fator limitante nesta região climática, como mencionado anteriormente. Os agricultores têm de seguir um regulamento, que os obriga a cultivar orgânicos e limita o que lhes é permitido fazer e plantar em cada parcela, bem como, todo o material que pode ser utilizado, por exemplo, em cercas. A cidade oferece apoio técnico aos agricultores, educando-os sobre as técnicas de agricultura biológica e introduz os recém-chegados urbanos à prática agrícola em geral. Nesta fase de transição, é possível a coexistência de um aglomerado (agora chamado de jardins de parcelas dispersas ou não organizadas). Estes também são controlados usando uma regulamentação específica menos exigente.
Os três sítios anteriormente apresentados foram revisitados em 2015 para compreender como evoluíram à luz da implementação da nova estratégia e como eles lidam com a implementação da regulamentação.

[1] Disponível em: www.facebook.com/hortadomonte/. Acessado em: Nov 10, 2015.

Figura 2. Sítio UA no bairro de Graça



Passado (à esquerda) e atual (à direita) da UA em Graça, Lisboa

O local foi remodelado pela administração da cidade como parte de um plano para incorporá-lo em um parque urbano. O dia em que a UA anterior foi reduzida tornou-se notícia nacional: os jovens que se opunham ao processo foram retirados do terreno, sendo usado a força policial (Figura 2). Apenas a população local voltou para as parcelas reestruturadas ao lado do parque.
O local da UA no bairro de Oriente permanece inalterado. Em frente aos locais de Chelas ou Graça a terra não é pública. Como pertence à empresa que entrega água em Lisboa (EPAL), não tem de seguir o regulamento posto em prática pela administração municipal. Os agricultores mostraram satisfeitos mesmo sem a presença de redes de infraestrutura urbana como a rede de abastecimento de água, ou sem um abrigo contra intempere ou um espaço para guardar as ferramentas, sendo obrigados a transportar todas os seus materiais de trabalho e a sua produção para a moradia de uso permanente.

3.2 A agricultura urbana nas cidades brasileiras

Já em muitos países da Europa e da América Latina, mais pessoas estão agora engajadas na agricultura urbana para fins de cultivo doméstico do que para a produção agrícola. Enquanto a Europa se confronta com a redução dos excedentes de alimentos e a procura total de alimentos não é esperado aumento significativo, no Brasil, os aspectos funcionais da produção alimentar continuará a aumentar em importância.
Em 2015, o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) publicou uma lei de apoio a projetos de Agricultura Urbana e Periurbana[2]. A população urbana vulnerável de 42 cidades brasileiras poderá se beneficiar de terrenos agrícolas para produzir colheitas e comercializá-los com o apoio do MDS que passará a investir US $ 300 milhões. O MDS recebeu 107 registros e qualificou 42. A maioria dos aceitos estão localizados na região do Nordeste.

3.2.1 A agricultura urbana em São Paulo

Em São Paulo, a agricultura urbana ativista melhorou sua organização nos últimos anos. Nisso, as redes sociais desempenham um importante papel. Como no caso do bairro Graça em Lisboa, também aqui, o grupo "Hortelões" fora criado em 2011 no Facebook. Hoje conta com quase 25 mil seguidores. São pessoas de todo o Brasil que trocam experiências e discutem a produção de

[2] Disponível em: www.mds.gov.br/seguranca-alimentar .Acessado em: Nov 9, 2015.

alimentos na cidade. A Horta das Corujas foi a primeira que resultou desse envolvimento coletivo, na praça Dolores Ibarruri, região de Vila Madalena. O local abrange uma área de 800m² com culturas diversas e tem acesso a água potável. Horta é aberto a todos com uma pequena cerca para impedir a entrada de cães. Recebeu apoio do Município de Pinheiros (Figura 3).

Figura 3. Agricultura urbana em São Paulo, Brasil.



3.2.2 Agricultura urbana de subsistência em Belo Horizonte e Rio de Janeiro

No entanto, em outras cidades acontece o contrário, como é o caso de Belo Horizonte, no Brasil, onde a produção agrícola é reconhecida como um uso legítimo da utilização do solo e está sendo promovida para a política de agricultura urbana do governo municipal que vê como uma contribuição para o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade. O número de pessoas com "falta de confiabilidade alimentar" baixou de 50 para 30 mil desde que em 1998 a cidade começou a desenvolver a agricultura urbana na sexta maior cidade do Brasil. Atualmente, a cidade conta com 233 sítios agrícolas desenvolvidos no âmbito do Programa de Agricultura Urbana e Periurbana apoiado por uma instituição governamental criada para promover a segurança alimentar (FAO, 2014).

Algumas favelas do Rio de Janeiro possuem programas municipais de agricultura urbana. O chamado projeto "Hortas Carioca" reduziu os índices de ocupação irregular de terras abandonadas, elevando os níveis de inclusão social e aumentando a segurança alimentar. Há 30 locais espalhados pela cidade - em locais como o Morro da Formiga, na Tijuca, e o conjunto de favelas de Manguinhos, ambos na Zona Norte - que estimulam a prática da agricultura urbana e oferecem alimentos de qualidade e com o custo acessível. (Figura 4).

Figura 4. Agricultura Urbana em uma "favela" no Rio de Janeiro



Agricultura urbana é implementada em áreas públicas da cidade ou os vazios sob linhas de transmissão de energia. A produção divide-se da seguinte forma: 50% destinam-se a escolas e creches da rede municipal e famílias desprovidas indicadas pelas associações de habitantes; excessivamente 50% são vendidos para gerar renda adicional e para adquirir o equipamento pequeno ser usado em uma fazenda urbana apropriada. A administração da cidade fornece sementes, uniformes, equipamentos de proteção individual, material de mão de obra na cultura orgânica, equipamentos e fertilizantes.
Como Mancebo discutido em um artigo recente (2015), uma cidade não se origina da vontade única e habilidade de arquitetos, planejadores, agrimensores e políticos. Diferentemente do frenético cronograma e das reações diretas a qualquer oposição, os eleitos e planejadores, guiados por seus próprios interesses de curto prazo (as próximas eleições, o cumprimento dos prazos de construção etc.), impõem às políticas urbanas.
Os resultados mostram, que não há um tipo ou perfil de Agricultura Urbana, mas uma variedade que eventualmente vai muito além do considerado neste artigo.

4. DISCUSSÃO: ENFRENTAR DESAFIOS

E, como inicialmente proposto, uma melhor compreensão da diversidade dessas iniciativas de agricultura urbana pode estabelecer a base para sua melhor integração no planejamento e concepção urbana. Na seção anterior ilustramos a diversidade de uma vasta gama de tipologias de agricultura urbana tanto em Portugal como no Brasil. Estes variam de acordo com as motivações das pessoas envolvidas, a forma como os sítios UA se inscrevem no tecido urbano e o modelo de governança utilizado. As motivações revelaram-se difusas e dinâmicas, o que significa que cada local pode se juntar a pessoas com motivações diferentes, que a motivação para se engajar pode mudar ao longo do ciclo de vida de uma pessoa e que cada pessoa pode não ser motivada por uma única motivação.
A governança depende da integração de políticas, significando como a Agricultura Urbana é valorizada e inscrita em documentos de política; e os arranjos de todos os atores sobre a gestão dos sítios (por exemplo, agricultores, proprietários de terras e autoridades públicas).
Em Portugal, a política de Agricultura Urbana é definida por cada administração da cidade individualmente e integrada nos planos urbanos como eles veem mais apto. Em Lisboa, o novo Plano Diretor prevê que a ocupação seja consolidada como "espaços verdes para recreação e produção" em "parques agrícolas" incorporados em parques urbanos. A administração da cidade faz isso usando uma abordagem de cima para baixo e impondo regulação / controle estrito na

agricultura urbana. Isso é possível somente em terrenos públicos. Outras cidades como o Porto seguiram uma política diferente, apoiando os sítios da UA emergentes, mas não os integrando nos documentos de política ou de planejamento. Também no Brasil, não existe uma política nacional ou regional para enquadrar a agricultura urbana. Cada cidade é autônoma, permitindo-lhes executar programas específicos como no Rio de Janeiro. Dentro deste quadro institucional, o poder dos agricultores varia. A lavoura de posse utiliza tipicamente uma abordagem de baixo para cima, onde um grupo de pessoas se reúnem e organizam-se sobre como usar um pedaço de terra. Como mostra o caso de Lisboa, com o aumento da integração política, o poder desloca-se para a administração pública, fazendo com que os agricultores se vejam como "jardineiros não remunerados" (Fazendeiro no Parque Quinta da Granja, Lisboa) para a administração municipal. Os produtores de estilo de vida, como os de São Paulo ou do bairro de Graça (Lisboa), não combinam com esse modelo de governança, pois pretendem fazer uma declaração política.
Para a administração da cidade de Lisboa, a integração da UA no planejamento e concepção urbana acompanha a abordagem de planejamento baseado no positivismo que se baseia no "espaço de domar" através da definição de "ordenamento e controle" das leis espaciais (Davoudi, 2012: 432). Assim, a agricultura e os agricultores precisavam ser "domesticados" também e colocados em parques. Alguns agricultores veem nos parques agrícolas a vantagem da existência de infraestruturas, mas também as desvantagens de controle pelas autoridades públicas, a sua exposição pública aos utilizadores do parque urbano que são capazes de caminhar ao longo das parcelas e pouca proteção contra o vandalismo. Esta exposição pública, mesmo que desprezada pelos produtores, tem um alto valor educacional para a população urbana, levando-os a um interesse crescente pela observação dos processos naturais e da produção de alimentos, dos quais foram alienados. Divergindo destes dois modelos existentes, mais recentemente, uma associação local administra um "parque agrícola"[3]. Ele está localizado ao lado de um parque urbano, mas não parte do seu design. Todas as parcelas são protegidas atrás de cercas altas, com acesso apenas aos agricultores. Apesar de chamarem a associação de "eles" mostrando que não se sentem envolvidos, os agricultores reconhecem que a gestão é feita em seu próprio interesse e este modelo de governança mostra um alto potencial para construção de comunidades.

5. CONCLUSÃO

Sustentabilidade Infraestrutura urbana verde incluem:

- Desenvolver um planejamento urbano eficaz e integrado.

A infraestrutura urbana é intensiva em capital e as instalações precisam ser continuamente melhoradas e expandidas através de programas equilibrados de planejamento baseado na demanda para a extensão de serviços para atender às crescentes populações e necessidades urbanas.
O planejamento urbano efetivo exige uma mudança mental completa, todas as formas de infraestrutura precisam ser consideradas e planejadas para além das atuais limitações de uma abordagem setorial, para fornecer um "veículo propício para a mudança e desenvolvimento da sociedade. As novas abordagens e tecnologias de planejamento apoiarão o progresso na necessidade de reduzir os custos unitários da provisão de infraestrutura, melhorando a eficiência e a qualidade, assegurando que os serviços estejam alinhados com os planos urbanos e planejem uma expansão ótima da infraestrutura para apoiar o processo de urbanização. As intervenções de

[3] Disponível em: http://avaal.org/apresentacao/. Acessado em: Nov 12, 2015.

infraestrutura e serviços têm um forte impacto na forma da cidade e no desenvolvimento da cidade e, portanto, precisam estar ligadas a um planejamento urbano global e estratégias de desenvolvimento da cidade, moldando um futuro sustentável e equitativo que aborde os direitos das comunidades. Melhorar a implementação coordenada da agricultura urbana. (Habitat III, UN, 2015)
Além do processo de planejamento, é necessário garantir que a agricultura urbana seja desenvolvida e implementada através da compreensão dos ativos, conhecimentos e instituições de infraestrutura. Além disso, é necessário o reconhecimento e a compreensão da interdependência crítica entre todas as esferas de governo. Isto é particularmente relevante para áreas metropolitanas onde a fragmentação cria oportunidades perdidas para eficiências de prestação de serviços; e renda regional e desigualdades de nível de serviço. Estão a surgir mecanismos de coordenação: cooperação intermunicipal, incentivos legais para cooperação, agências de planejamento e desenvolvimento, acordos de partilha de custos para a prestação de serviços em todo o metropolitano, fundos de desenvolvimento metropolitano, acordos fiscais coordenados, financiamento de agrupamentos e melhor articulação entre programas nacionais e locais e políticas para garantir a eficiência e reduzir o desequilíbrio.

- Desenvolver novos modelos de negócio e parcerias estratégicas.

A rápida urbanização aumentou o alcance e a complexidade da prestação de serviços. São necessários agora novos modelos de negócios para integrar os pontos fortes e as capacidades do setor público, das empresas privadas, das ONGs e das Organizações Comunitárias. Novas abordagens são particularmente necessárias em setores como a drenagem urbana, saneamento, resíduos sólidos, mobilidade, abastecimento de energia limpa, agricultura urbana e prestação de serviços aos assentamentos informais.
Embora os governos dos países em desenvolvimento geralmente forneçam, possuam e operam todas as infraestruturas, existem abordagens alternativas que são eficazes na prestação de serviços e na agricultura urbana. Essas alternativas abordam a necessidade de novos modelos de negócios, como o retorno financeiro sobre o aumento do valor da terra proporcionado por novas infraestruturas, infraestruturas verdes e sistemas de garantia de investimentos.
A infraestrutura verde é uma abordagem de investimento de baixo custo, e muitas vezes de alto retorno, que tem sido utilizada com grande sucesso em muitas cidades do mundo. Particularmente no que se refere ao setor privado, o desenvolvimento e a oferta de sistemas de garantia de investimento para atrair o investimento privado e para reforçar a capacidade dos governos para fazer os necessários arranjos legais e contratuais alinhados com a capacidade de regular e gerir as entidades privadas que fornecem os serviços, oferecem benefícios e oportunidades viáveis. Essas abordagens têm a vantagem adicional de liberar a capacidade do governo de empreender redes e sistemas totalmente integrados de planejamento de infraestrutura verde que assegure ainda que a validação vital de baixo para cima desse planejamento seja implementada.
A infraestrutura verde não é uma opção, é parte integrante do Plano Mestre Urbano e será dobrado em cada projeto. A implementação de infraestruturas verdes será na maioria das vezes de natureza cirúrgica na vasta gama de projetos individuais realizados diariamente. E a agricultura urbana é uma parte importante da infraestrutura verde e representa muito bem a categoria de projetos individuais que realiza diariamente.
Além de satisfazer a necessidade dessa ordem de trabalho específica, os designers encontrarão maneiras de implementar infraestrutura verde. Embora a reconstrução do direito de passagem em plena rua ofereça a melhor situação para implementação, nem sempre é possível. No entanto, algo pode ser feito em cada projeto.

Uma observação merece destaque: a agricultura urbana para ter êxito, no projeto, ela deve ser considerada em pequena escala produtiva. Reconhecer que este tipo de prática tem mais inclinação educacional e ambiental do que a oferta potencial, mas para ganhar escala de produção, o estímulo da gestão pública é essencial. As casas e empresas que deveriam ter baixado o Imposto de Propriedade no caso de compostarem seus resíduos orgânicos. Outra ideia seria a distribuição de mudas em estufas municipais orgânicas (atualmente desativadas) para agricultores periurbanos e inclusão de horticultura no currículo das escolas.
A poluição urbana do jardim é um problema sério que muitos jardineiros entusiásticos não fazem exame na consideração. Antes de algum plano em seu jardim urbano, ter tempo para pensar sobre os efeitos de poluição muitos em jardins da cidade.
No contexto do conceito proposto por Bohn e Viljoen (2005) sobre a CPUL (Paisagem Urbana Produtiva Contínua), a agricultura em áreas urbanas é integrada num quadro mais amplo de infraestruturas verdes em espaços designados num plano de zoneamento. Esta natureza espontânea é de alto valor em termos de sentido de lugar (Andersson et al., 2007) e de construção de comunidades, uma vez que envolve a participação direta de moradores da cidade que gerenciam seus ambientes urbanos (Travlaine e Hunold, 2010). Mais recentemente, esses espaços tornaram-se também uma arena para o ativismo político (MÜLLER, 2011).
Não podem ser separados de seu contexto sociopolítico mais amplo ou das múltiplas formas contrastantes e sobrepostas que as pessoas usam, valorizam e percebem (Lefebvre, 1991). Central para este entendimento é que o espaço, e, portanto, o espaço público resulta de processos sociais complexos nos quais uma grande variedade de forças e atores interagem, combinam, conflitam e oprimem, para determinar como uma área urbana se desenvolve (MASSEY 2005; CHILEERI 2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHERN, J. (2007). Green infrastructure for cities: The spatial dimension. In *Cities of the Future: Towards Integrated Sustainable Water and Landscape Management*,. V. Novotny and P. Brown (Eds.), 267–83. London: IWA.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. (2013). *Restore and improve urban infrastructure.* Disponível em: http://www.asce.org/reportcard/2013. Acessado em: 21/11/2014

BENEDICT AND MCMAHON 2006; BENEDICT, M. A. and MCMAHON, E. T. (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Washington: Island Press.

BRUCE PIETRYKOWSKI (2004) You Are What You Eat: The Social
Economy of the Slow Food Movement, Review of Social Economy, 62:3, 307-321,

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2014. Growing greener cities: FAO programme for urban and peri-urban horticulture
Disponível em: (http://www.archdaily.com.br/br/623385/as-10-cidades-latino-americanas-lideres-em-agricultura-urbana-segundo-a-fao. Acessado em: Nov 12, 2015.

FHWA (2006). U.S. Federal Highway Administration, FHWA (2006). Eco-logical: An Ecosystem Approach to Developing Infrastructure Projects. Disponível em:
http://www.environment.fhwa.dot.gov/ecological/ecological.pdf. Acessado em: Maio 18, 2014.

Habitat III, UN, Task Team (2015). Issue paper 8*: Urban and spatial planning and design.*

Hortas das Corujas Disponível em: https://hortadascorujas.wordpress.com . Acessado em: Nov 10, 2015.

Landscape Architecture Foundation (2014). Landscape Performance Series. Disponível em: http://www.lafoundation.org/research/landscape-performance-series/.Acessado em: Fev 5, 2015.

MANCEBO F., 2015. Insights for a Better Future in an Unfair World – Combining Social Justice with Sustainability, *Transitions to Sustainability.* Mancebo F., Sachs I. eds,: pp. 105-116, Springer

Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome
Disponível em:www.mds.gov.br/seguranca-alimentar.Acessado em: Dez 04, 2015.

National Academy Press (1986). *Engineering Infrastructure Planning and Modelling.*Washington, D.C.

Newman and Jennings (2008). *Cities as Sustainable Ecosystems. Principles and Practices.* Washington, D.C.: Island Press.

Prefeitura Municipal e Rio e Janeiro. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/smas/Afhortascomunitarias.shtme http://www.mds.gov.br/servicos/sala-de-imprensa/galeria-de-imagens/programas/hortas-comunitarias. Acessado em: Junho 07, 2015.

Prefeitura Municipal de São Paulo. Disponível em: http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/relacoes_internacionais/carteira_de_projetos/gestao_urbana_e_ambiental/0002. Acessado em: Junho 07, 2015.

WALKER, B. H., J. M. ANDERIES, A. P. KINZI, and P. RYAN.(2006). Exploring resilience in social-ecological systems through comparative studies and theory development: introduction to the special issue. *Ecology and Society* 11(1): 12.
Disponível em: http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art12/. Acessado em: Junho07, 2015.

432. CONFIGURAÇÃO URBANA E SEUS IMPACTOS NO MICROCLIMA: ESTUDO DE CASO EM ARAPIRACA-AL

Brandão, Luana Karla de Vasconcelos[1](luana.arquiteta@outlook.com); BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues[2] (rvictor@arapiraca.ufal.br); RODRIGUES, Jiselli Albuquerque Macedo[3](jiselli.arq@gmail.com)*

[1]Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Brasil

[2] Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Brasil

[3] Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Brasil

**Luana Karla de Vasconcelos Brandão*

RESUMO

Atualmente, a cidade tornou-se alvo de inúmeros estudos no meio da arquitetura e urbanismo, pois se constatou que o estudo de sua morfologia aliado ao estudo da Climatologia Urbana é possível obter bons índices de conforto térmico. O presente artigo visa contribuir para o conhecimento do clima do Agreste alagoano. Partindo desta premissa, tomou-se, inicialmente, como objeto estudo a cidade de Arapiraca-AL. Observando aspectos, como: densidade populacional e construtiva; e fatores que interferem na formação do microclima urbano, como a cobertura do solo e a presença de espaço verde; foi possível selecionar duas frações urbanas com tipologias espaciais diferentes, uma no Bairro Brasília e outra no Bairro Novo Horizonte. Os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa visou a análise do clima em escala microclimática, e isto foi possível com o auxílio do *software* ENVI-Met 4.0, um programa alemão que realiza simulações computacionais a partir dos dados climáticos nele inseridos, e vinculado ao ENVI-met 4.0 há também o programa Leonardo 2014, por ele foi possível gerar os gráficos com os valores de temperatura potencial máxima e mínima e direção e velocidade dos fluxos de ar. A partir disso foi possível fazer uma análise comparativa das duas tipologias espaciais, o bairro Brasília, com maior densidade construtiva, caracterizada pelas casas geminadas e com ausência de espaços verde; e o bairro Novo Horizonte, de menor densidade construtiva, com casas com espaçosos recuos e com a presença de área verde. Ao comparar os gráficos foi possível constatar que o bairro com melhores condições térmicas foi o Novo horizonte. Desta forma, tornou-se evidente a necessidade da revisão e refinamento dos parâmetros urbanísticos vigentes, atualmente, para o alcance da adequação ambiental de espaços construídos, como forma de garantir, também, boas condições de conforto térmico nos ambientes internos das edificações urbanas.

Palavras-chave: Climatologia. Clima. Microclima. Cidade.

URBAN CONFIGURATION AND ITS MICROCLIMA IMPACTS: CASE STUDY IN ARAPIRACA-AL

ABSTRACT

Nowadays, the city has become the target of numerous studies in the midst of architecture and urbanism, as it has been found that the study of its morphology combined with the study of Urban Climatology is possible to obtain good indices of thermal comfort. This article aims to contribute to the knowledge of the climate of the Agreste of Alagoas. Starting from this premise, the city of Arapiraca-AL was initially taken as an object. Observing aspects such as: population and constructive density; And factors that interfere in the formation of the urban microclimate, such as the soil cover and the presence of green space; It was possible to select two urban fractions with different spatial typologies, one in the Brasília neighborhood and another in the Novo Horizonte

neighborhood. The methodological procedures adopted in the research aimed at the analysis of the climate on a microclimatic scale, and this was possible with the aid of the software ENVI-Met 4.0, a German program that performs computational simulations based on the climatic data inserted in it, and linked to ENVI-met 4.0 there is also the program Leonardo 2014, it was possible to generate the graphs with the maximum and minimum potential temperature values and direction and velocity of the airflows. From this it was possible to make a comparative analysis of the two spatial typologies, the Brasília neighborhood, with a higher density of construction, characterized by terraced houses with no green spaces; And the Novo Horizonte neighborhood, of less constructive density, with houses with spacious setbacks and with the presence of green area. When comparing the graphs it was possible to verify that the neighborhood with better thermal conditions was the Novo Horizonte. In this way, it became evident the need to revise and refine the existing urban planning parameters to reach the environmental adequacy of constructed spaces, as a way of guaranteeing, also, good conditions of thermal comfort in the internal environments of urban buildings.
Keywords: Climatology. Climate. Microclimate. City.

2. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, constatou-se uma perda na qualidade de vida urbana, seguida também de inúmeros impactos ambientais, pois, a configuração urbana causa um clima próprio, devido às interferências nas construções, dos revestimentos do solo, da emissão de poluentes e da geração de calor (NOGUEIRA, 2011). E uma das consequências deste clima tipicamente urbano, é o aquecimento das estruturas urbanas (fenômeno urbano denominado ilhas de calor).

Com o intuito de melhorar o conforto térmico e, por consequência, a qualidade de vida no meio citadino é necessário salientar a importância do estudo do clima urbano. Para Oke (1996), o Clima urbano é o resultado da modificação substancial das feições climáticas locais pelas condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela morfologia e geometria do tecido urbano, provocando alterações no balanço energético local.

Destarte, Oliveira (1985) distribuiu as características da forma urbana que se comportam como condicionantes climáticas em: rugosidade, densidade de construção, tamanho da estrutura urbana, ocupação do solo, permeabilidade superficial do solo urbano e as propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes da estrutura urbana. Além disso, acrescento a distribuição das áreas verdes. Destacamos, então, a importância do estudo da Bioclimatologia Urbana como instrumento para um correto planejamento das cidades, com fim de alcançar um Urbanismo Sustentável.

Nesse sentido, o presente artigo teve como objetivo analisar o impacto da morfologia urbana nas condições microclimáticas de cidades localizadas no contexto climático do semiárido, tomando como objeto de estudo a cidade de Arapiraca – AL. Apresentando resultados de uma análise climática de diferentes padrões de ocupação e densidades construtivas de recintos urbanos em localidade urbana de clima quente e seco no nordeste brasileiro.

3. OBJETIVO

2.1 Geral:

Contribuir para o conhecimento do clima no semiárido alagoano e analisando estratégias bioclimáticas que possam ser empregadas em cidades localizadas nessa região, cujos estudos climáticos são ainda incipientes, tomando a cidade de Arapiraca (AL) como estudo de caso.

2.2 Específicos:

- Analisar o impacto de diferentes configurações espaciais de edificações e áreas livres no comportamento climático de cidade de médio porte localizada em região de clima semiárido;

- Verificar o potencial de predição do *software* ENVI-Met® para cidade de médio porte no contexto do clima semiárido;
- Analisar a influência das áreas verdes urbanas como fator condicionante do comportamento climático de cidade de médio porte localizada em região de clima semiárido;

4. MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa foi fundamentada através do *freeware* ENVI-met (BRUSE, 2015), de áreas externas, sendo analisado o comportamento das variáveis que interferem na formação do microclima local, relacionadas com o conforto térmico, como ventilação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e revestimento dos solos.

Figura 1: Cidade de Arapiraca/AL



FONTE: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alagoas_Municip_Arapiraca

A cidade de Arapiraca está localizada no estado de Alagoas, na mesorregião do agreste. O município apresenta uma área de 356,179km², densidade demográfica de 600,84hab/km² e 214.006 habitantes (IBGE, 2010). E sua localização está inserida nas coordenadas geográficas 9º75'25"de latitude Sul e 36º60'11" de longitude Oeste, distante 132Km da capital do estado, Maceió. Estudos para a caracterização do perfil climático de Arapiraca estão sendo desenvolvidos desde 2009; com o advento da implantação, em 2008, da estação Arapiraca A353 do Instituto Nacional de Meteorologia, a qual tem subsidiado pesquisas para compreensão do clima local. Por se tratar de uma cidade em desenvolvimento, o processo de verticalização iniciou-se recentemente. A maior parte de seu território é constituída por uma massa edificada de baixa rugosidade, com edificações de altura uniforme, com variação apenas de edificações de um ou dois pavimentos.

Para a seleção das tipologias espaciais para simulação das condições térmicas, foram analisados os seguintes aspectos: densidade populacional e construtiva; e fatores que interferem na formação do microclima urbano, como a cobertura do solo e a presença de espaço verde. Tendo em vista essas questões, foram selecionadas as seguintes frações urbanas:

- Foi selecionado um conjunto de quadras no Bairro Brasília, que possui a maior densidade populacional da cidade.
- Foi selecionado com conjunto de quadras no bairro Novo Horizonte.

Figura 2: À esquerda o Bairro Brasília e à direita o Bairro Novo Horizonte, atualmente.




FONTE: Google Maps

Todas as simulações foram realizadas com o *freeware* ENVI-met versão 4.0. E para a calibração do modelo ENVI met de acordo com as condições climáticas locais, os seguintes procedimentos foram adotados:

Quadro 1: Resumo dos dados de entrada adotados no processo de simulação com o modelo ENVI-met 4.0

CLIMA	Dia da Simulação	01.12.2014	SIMULAÇÃO	Temperatura atmosférica inicial (K)	295
	Local	Arapiraca-AL, Brasil		Umidade relativa média (2m)	72
		Latitude: - 9°75'25"		Velocidade do vento à 10m (m/s)	3
		Longitude: -36°60'11"		Direção do vento	LESTE 135
				Rugosidade	0,1
				Hora início da simulação[1]	21:00
				Umidade específica do ar a 2500m (g/kg)[2]	8.53
				Temperatura Mínima (às 6am) / Máxima (às 3pm) - (K)	294.4/ 306.1
				Umidade Mínima (às 3pm)/ Máxima (às 6am)	40/ 94

Os experimentos de simulação foram fundamentados na caracterização dos espaços externos e edificações das tipologias espaciais selecionadas. O ENVI-met 4.0, versão do *software* utilizada nessa pesquisa, possibilitou as simulações na seguinte versão de *grid*: 250x250x30, esses correspondem a largura (x), comprimento (y) altura (z) do modelo em número de *grids*. São definidos em cada *grid,* o tipo de revestimento de solo, o tipo de vegetação (quando existente), e a altura das edificações.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

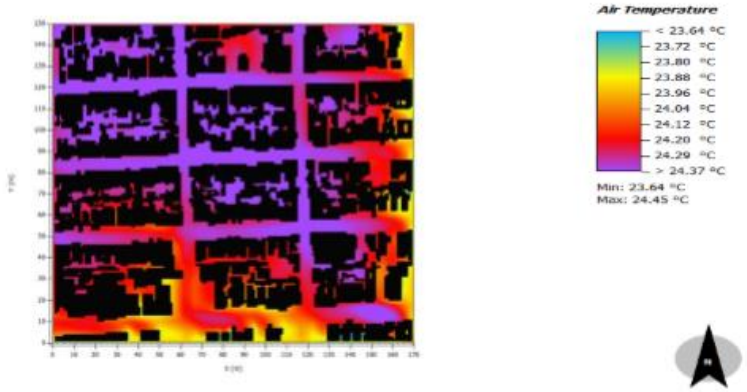
Para análise comparativa do desempenho das condições térmicas das diferentes tipologias espaciais foram identificados, a partir das simulações, os valores de temperatura potencial máxima e mínima e direção e velocidade dos fluxos de ar, apresentados graficamente através do programa Leonardo 2014, vinculado ao ENVI –met 4.0. Os parâmetros de configuração dos dois experimentos de simulação foram mantidos para possibilitar a análise comparativa das tipologias espaciais considerando uma situação de verão em Arapiraca-AL.

A simulação a partir do modelo ENVI-met permitiu identificar os pontos mais aquecidos e menos aquecidos nas tipologias espaciais estudadas, subsidiando a compreensão dos aspectos determinantes das condições climáticas locais. Tendo em vista que o padrão de ocupação do solo predominante na cidade é o de edificações geminadas, consequência da ausência de parâmetros urbanísticos na legislação local, é importante a incorporação de diretrizes para a adequação dos

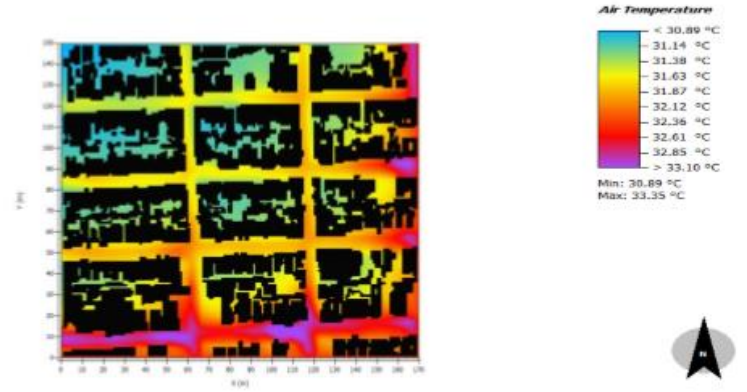
futuros conjuntos edificados. Entre as principais diretrizes para a adequação climática de assentamentos construtivos urbanos, temos: ventilação, inércia térmica e resfriamento evaporativo. Como será demonstrado na figura 2, não fora observado parâmetro nenhum que pudesse potencializar o efeito positivo das diretrizes construtivas.

Figura 3: Resultado da simulação da temperatura potencial máxima às 9h (a), 15h (b) e 21h (c), da tipologia espacial 1 (recinto urbano localizado no bairro Brasília), para uma condição de verão.

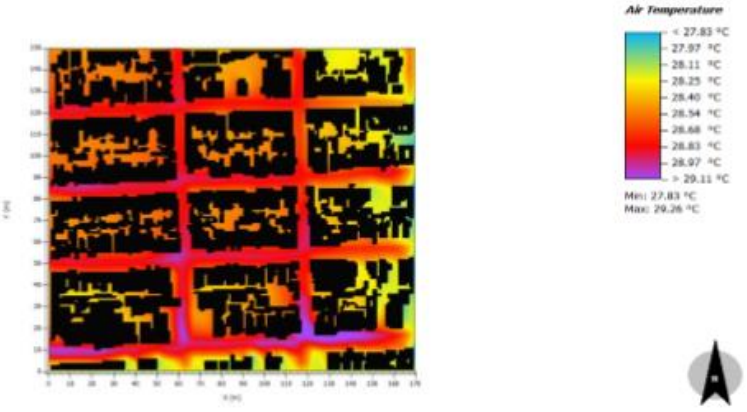
a



b



c

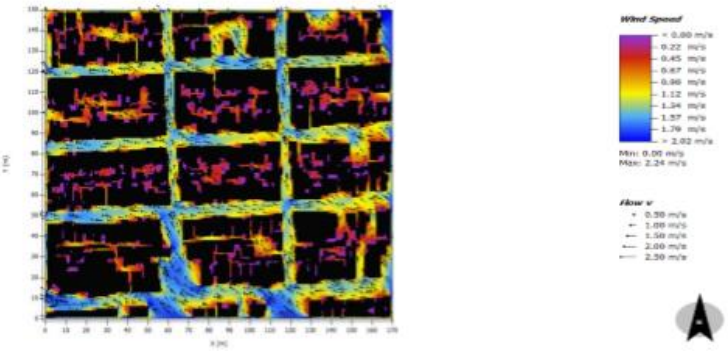


O bairro Brasília apresenta um padrão de ocupação do solo elevado, com taxa de ocupação acima de 70%. As vias com asfalto e pavimentação dos passeios para pedestres com concreto e ausência

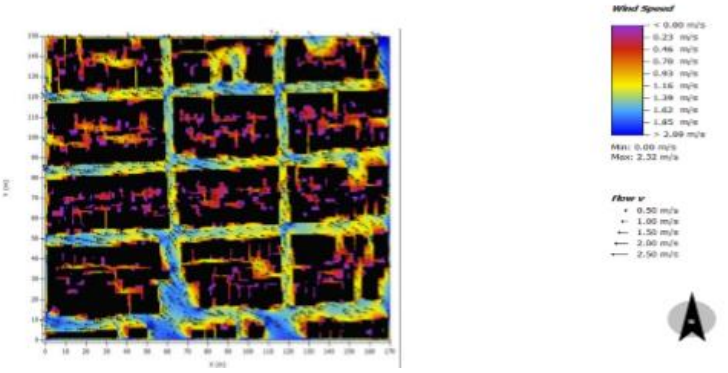
de vegetação urbana, constituem verdadeiros canais de ventilação urbana. Na Figura 2, foi possível observar que os horários com as temperaturas mais elevadas são os da 9h da manhã e às 21h, sendo o horário da tarde mais ameno. Fatores como: a presença de revestimentos de solo de alta capacidade calorífica como o asfalto e concreto, a ausência de vegetação, a morfologia urbana das casas com seu padrão geminado, tais fatores demonstraram ter influência no desempenho térmico dos espaços externos.

Figura 4: Resultado da simulação da velocidade dos ventos às 9h (d), 15h (e) e 21h (f), da tipologia espacial 1 (recinto urbano localizado no bairro Brasília), para uma condição de verão.

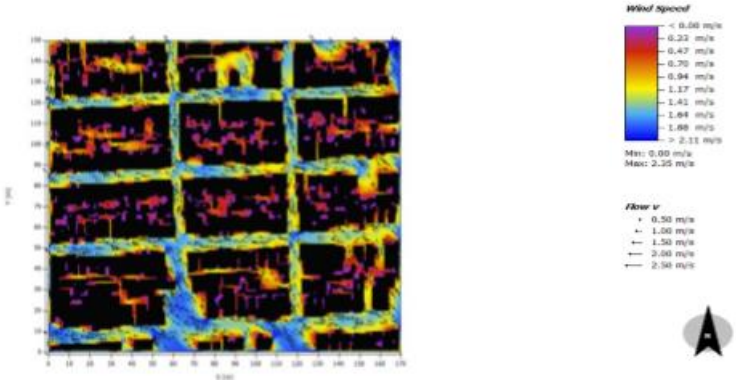
d



e



f

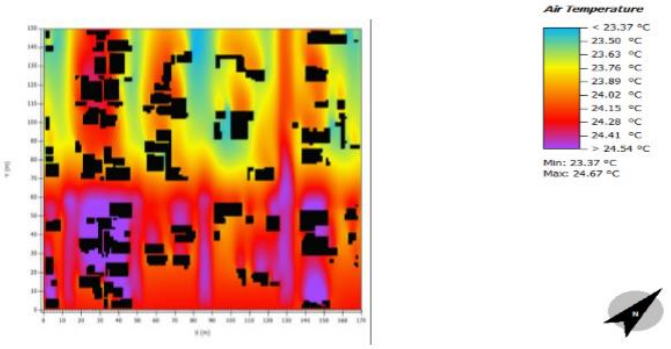


Conforme mostra a Figura 3, os corredores de velocidade dos ventos demonstram a canalização das vias, sendo o lugar cuja velocidade do vento é mais alta. O que na prática seria algo positivo

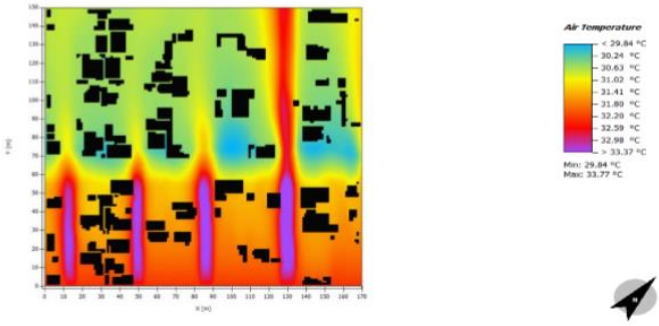
para a condição climática local, mas o revestimento do solo composto por concreto e asfalto anula este fator, pois eleva de forma demasiada a temperatura, como podemos ver na Figura 2. Devido a canalizaçao das vias, no interior das quadras pode-se observar a estagnação do ar, junto com a redução da velocidade do fluxo de ar a sotavendo em relação ao fluxo à barlavento. Neste caso, os residentes do Bairro Brasília que constroem espaços de lazer no quintal de suas casas, sofrem com pouca ou quase nenhuma ventilação, tendo somente como condicionante para amenizar as altas temperaturas, a sombra que suas próprias edificações criam.
A outra tipologia estudada foi no Bairro Novo Horizonte, cujo uso do solo é predominantemente residencial, com habitações unifamiliares de 1 e 2 pavimentos e poucas edificações multifamiliares de até 7 pavimentos. Neste caso, as casas contam com espaçosos recuos, sejam eles frontais, posteriores ou laterais, e a presença de espaço verde.

Figura 5: Resultado da simulação da temperatura potencial máxima às 9h (g), 15h (h) e 21h (i), da tipologia espacial 2 (recinto urbano localizado no bairro Novo Horizonte), para uma condição de verão.

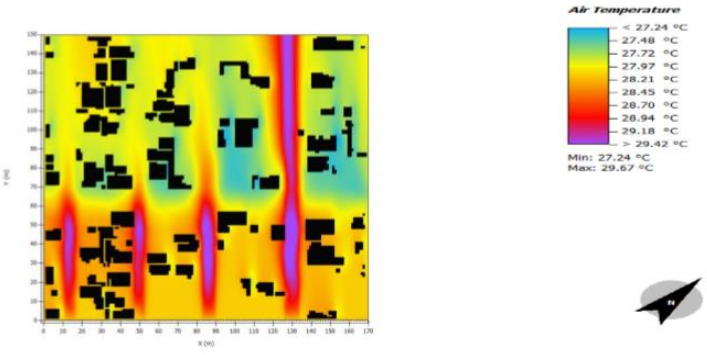
g



h



i

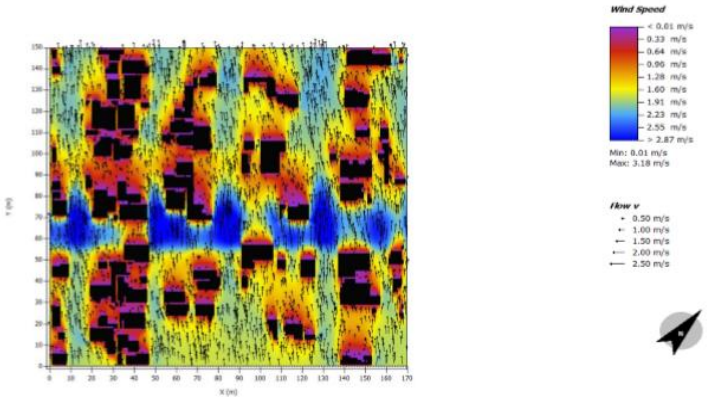


Algo interessante ao observar as três imagens nos diferentes períodos do dia, correspondente à 9h da manhã, 3h da tarde e 9h da noite, foi que a temperaturas nas proximidades das vias asfaltadas foram as mais altas. Isso se deve a cobertura do solo, que por ser de asfalto ou concreto, tem uma baixa taxa de albedo, que ocasiona na absorção da energia solar, e assim, aumenta a temperatura do local, um efeito conhecido como ilhas de calor.

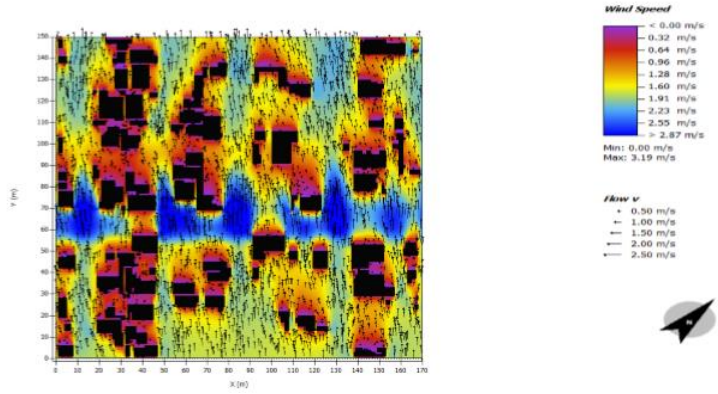
A morfologia do Bairro Novo Horizonte auxilia de maneira positiva na condição do microclima, devido à presença de arborização próxima às residências, que contribui para o favorecimento do desempenho térmico nestes pontos; outro fator foi que há vias cul-de sac que não são asfaltadas, e tendo o solo uma taxa de albedo mais alta que o concreto ou o asfalto, isso ajuda para que a energia solar não seja absorvida, e sim refletida. Em comparação com as taxas de temperaturas do Bairro Brasília, este bairro proporciona a seus moradores um conforto térmico mais agradável. Outro condicionante climático que auxiliou no resultado observado no bairro Novo Horizonte foram os recuos presente nas edificações. Esse fator é importante para circulação do vento. Na figura 5, será possível constatar isso, e observar o comportamento do vento, e a maneira como a morfologia urbana auxilia na temperatura do microclima local, sendo possível observar que a presença de recuos entre as edificações térreas possibilitou que não houvesse considerável redução na velocidade do vento.

Figura 6: Resultado da simulação da velocidade dos ventos às 9h (j), 15h (k) e 21h (l), da tipologia espacial 2 (recinto urbano localizado no bairro Novo Horizonte), para uma condição de verão.

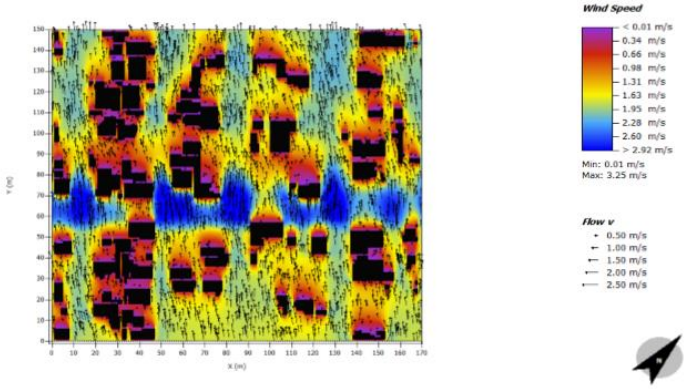
j



k



l



Apesar de apresentar padrões médios de densidade a tipologia espacial 2 apresentou os menores valores de temperatura do ar, na maioria dos horários analisados, demostrando a importância na determinação de padrões construtivos que assegurem à população um clima urbano confortável.

6. CONCLUSÃO

Depois de embasada a pesquisa, destacou-se a importância de adotar um Planejamento Urbano Sustentável, composto por estratégias bioclimáticas, para uma melhor adequação ao clima local, e, assim, fornecer um ambiente externo com um melhor conforto térmico. Conforme o presente artigo possibilitou analisar, com os resultados das simulações computacionais fornecidas pelo *software*

ENVI-met, no arranjo construtivo do bairro Brasília houve as mais elevadas temperaturas, enquanto que o bairro Novo Horizonte mostrou um clima mais ameno, com temperaturas mais baixas, pois o padrão de exposição à radiação solar e presença de revestimentos de solo de alta capacidade calorífica como o asfalto e concreto, demostraram ter significativa influência no desempenho térmico dos espaços exteriores e a ausência de arborização urbana também constitui um fator determinante. Assim, fica evidente a importância da morfologia da estrutura urbana, determinada pelo espaçamento entre as edificações, rugosidade, porosidade, orientação das vias, a taxa de solo livre e permeável, os tipos de revestimento dos solos e o índice de vegetação urbana para a adequação climática de assentamentos construtivos urbanos. Desta forma, torna-se necessária a quantificação dos parâmetros urbanísticos atualmente em vigor, com sua revisão e refinamento, para o alcance da adequação ambiental de espaços construídos, como forma de garantir, boas condições de conforto térmico no ambiente citadino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbirato, G.M; Torres, S.C., Passos, I. C.S.; Barbosa, R. V. (2010) R. Diretrizes bioclimáticas para o planejamento urbano a partir da aplicação de metodologias de análise do clima local. 4º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Anais PLURIS 2010. Faro, 2010.

Bruse, M. (2007) ENVI-Met® model homepage. 2015. Disponível em: http://www.envimet.com/.

Franco, F. M.; Nogueira, M. C. J. A.; Rosseti, K. A. C.; e Nogueira, J. S. (2010). Microclima e Morfologia Urbana: Um Estudo Em Cidade de Clima Tropical Continental. Pluris 2010.

Givoni, Baruch. (1992) Climatic aspects of urban design in tropical climates. Atmospheric Environment, Oxford, v.26B, n.3, p.397-406.

NOGUEIRA, A. M. P. Configuração Urbana e Microclimas: Estudo em Loteamento Horizontal de Maceió-Alagoas. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2011.

OKE, T.R. Boundary layer climates. 2.ed. New York: Routledge, 1996, 435p.

Oliveira, P. M. P. de. Cidade Apropriada ao Clima: A Forma Urbana como Instrumento de Controle do Clima Urbano. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1987.

Romero, M. A. B. (2011). Correlação entre o Microclima Urbano e a Configuração do Espaço Residencial de Brasília. Fórum Patrimônio: Mudanças Climáticas e o Impacto das Cidades, v4, n.1 (2011).

Silva, G. J. A.; Romero, M. A. B. (2011). O urbanismo sustentável no Brasil. A revisão de conceitos urbanos para o século XXI. Arquitextos, São Paulo, 11.128, 2011.

441. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE ÁREAS VERDES URBANAS: O CASO DO PARQUE DA CRIANÇA EM CAMPINA GRANDE/PB

ARAÚJO, Daniel B. P.[1](dbrunokn@yahoo.com.br)*; *GONÇALVES, Nayara A. L.*[1] *(nayariane@gmail.com); SOUZA, Priscila S.*[1] *(priscila.s_souza@hotmail.com); MORAIS, Juliana M.S.C.*[2] *(jumagnacosta@hotmail.com); GALVÃO, Carlos O.*[1,3] *(carlos.galvao@ufcg.edu.br);*
[1] Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil
[2] Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil
[3] Cities Research Institute, Griffith University, Austrália
**Autor correspondente*

RESUMO
A urbanização descomedida compromete a devida oferta de áreas públicas que promovam a qualidade ambiental das cidades e favoreçam a saúde de suas populações. As áreas verdes urbanas têm papel significativo na satisfação de tais demandas, porém, o aproveitamento do seu potencial depende profundamente das ações públicas a elas relacionadas. Muitos estudos acadêmicos prestam subsídio às ações públicas através da proposição de índices (conjunto de indicadores) que avaliem a qualidade destes espaços verdes ou por meio de pesquisas sobre a percepção da população em relação às áreas verdes em seu entorno. Contemplando esta consideração, o presente estudo avaliou a principal área verde da cidade de Campina Grande/PB, o Parque da Criança. O objetivo deste artigo é compreender quali-quantitativamente como se dá o desempenho deste parque enquanto área verde. Para tal, partiu-se da metodologia de Londe (2015), que foi adaptada e proporcionou a investigação de seis indicadores (infra-estrutura; lazer/socialização; acessibilidade; vegetação; segurança; e manutenção). Esta avaliação multicriterial foi realizada a partir da visão dos autores, no entanto, sentiu-se a necessidade de confrontá-la com as opiniões do público usuário da área verde estudada. Os resultados ressaltam a importância de se articular as duas formas de avaliação, paralelamente apontando quais os setores mais necessitados de providências no parque. Estes resultados e as opiniões expressas pelos usuários do local podem ser tomados como critério decisório para a priorização de medidas interventivas no local.
Palavras-chave: Áreas verdes; Urbanização; Qualidade Ambiental; Indicadores.

ENVIRONMENTAL QUALITY ASSESSMENT OF URBAN GREEN AREAS: A CASE STUDY OF THE PARQUE DA CRIANÇA IN CAMPINA GRANDE/PB

ABSTRACT
Overbearing urbanization compromises the adequate supply of public areas that promote the environmental quality of cities and favor their populations' health. Urban green areas play a significant role in satisfying such demands, but their potential depends heavily on public actions related to them. Many academic studies provide subsidies for such actions through the proposal of indexes that evaluate the quality of green spaces or through researches on the perception of the population in relation to the green areas in their environment. Considering this, the present study evaluated the main green area in the city of Campina Grande/PB, the Parque da Criança. The purpose of this article is to quali-quantitatively assess the performance of this park as a green area.

For that, the Londe method (2015) was adapted and provided a survey of six indicators (infrastructure, leisure/socialization, access, vegetation, safety and maintenance). This multicriterial evaluation was carried out from the authors' view, however, the necessity to face the results with the opinion of the park's visitors was felt. The results highlight how important it is to articulate the two forms of evaluation, meanwhile, it points out the sectors most in need of measures in the park.
Keywords: Green areas; Urbanization; Environmental Quality; Indicators.

1. INTRODUÇÃO

Há mais de 60 anos tem-se uma definição bem estabelecida sobre o conceito de saúde humana, desde que a Organização Mundial de Saúde (OMS) a descreveu como "um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente ausência de afecções e enfermidades" (OMS, 1948, p.1). Esta definição implica que, para se compreender o conceito de saúde, uma grande variedade de fatores correlacionados deve ser considerada. Portanto, além de abranger aspectos relacionados aos indivíduos (saúde biológica e mental) e aspectos interpessoais (relações sociais), a questão da saúde humana também inclui aspectos contextuais, ou seja, deve-se considerar os ambientes de permanência prolongada onde as atividades humanas se desenvolvem (espaços internos dos edifícios), bem como os espaços de transição que servem de palco para a vida cotidiana (espaços urbanos).

Esta concepção também está em conformidade com o que a OMS sugere em relação às políticas de saúde, quando ela infere que tais políticas necessitam da aplicação de medidas multisetoriais (WHO, 1999). Depreende-se, a partir daí, que medidas políticas relacionadas à saúde devem ser concebidas atentando-se para o ambiente no qual as pessoas vivem. Com essa premissa em mente, considerando que os ambientes urbanos têm abrigado uma porção cada vez maior da população mundial, chega-se a problemática no âmbito nacional. O Brasil – assim como outros países em desenvolvimento – vivencia um aumento exponencial de sua população urbana, cujo índice passou de 46% em 1960 a 86% em 2015, segundo a United Nations (2015), o que tem promovido uma urbanização descomedida e pouco planejada.

Desta forma, problemas associados à urbanização têm igualmente crescido, e em vista disso, tanto na esfera pública quanto nos círculos acadêmicos, a urbanização tem se tornado um tema significativamente crítico, bem como um campo de estudo específico. Pesquisas nesta área têm contribuído para reconhecer a urbanização como um processo que influi diretamente nas transformações da atmosfera, no uso do solo e em condições ambientais que influenciam em longo prazo as formas de vida não-humanas (LUKE, 1997, SAYRE, 2010). Elas também têm tornado mais claros alguns aspectos negativos do desenvolvimento urbano, Rezvani; Mansourian; Sattar (2012), por exemplo, salientam a degradação ambiental, a privação social, a carência de emprego e de habitações, a insegurança e, por fim, o congestionamento do tráfego nas cidades.

Tendo-se em mente que a urbanização excessiva tem contribuído para que as cidades tenham uma maior parcela de ambientes degradados e, portanto, desfavoráveis aos seus habitantes, destaca-se que uma das alternativas que visam mitigar esta condição fundamenta-se nos espaços denominados como áreas verdes urbanas. Por definição da Resolução CONAMA N° 369/2006, uma área verde urbana consiste em um espaço público que, além de satisfazer finalidades paisagísticas, ecológicas e recreativas, deve propiciar "a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização" (MMA, 2016). Assim, visto que as áreas verdes urbanas devem contribuir para aprimorar as condições ambientais de um determinado local, conclui-se que sua existência e manutenção integram uma estreita ligação com a saúde e bem-estar humanos. Corroborando este argumento, estudos epidemiológicos têm

fornecido evidências de uma relação positiva entre longevidade e acesso a áreas verdes (TAKANO et al., 2002; TAKANA et al., 1996) e entre áreas verdes e o quanto as pessoas avaliam positivamente sua própria saúde (DE VRIES et al., 2003).
Apesar da importância destas áreas para as populações urbanas, não basta que elas apenas existam, visto que o aproveitamento do seu potencial depende profundamente das ações públicas a elas relacionadas. Por consequência disso, inferir sobre a qualidade e a quantidade de áreas verdes em uma cidade fornece informações pertinentes para o seu próprio planejamento.
Estudos acadêmicos prestam subsídio às ações públicas através da proposição de índices (conjunto de indicadores) que avaliem a qualidade destes espaços, ou através de pesquisas que avaliam a percepção e os usos da população em relação às áreas verdes em seu entorno, a exemplo de Tyrvainen, Mäkinen, Schipperijn (2007), Santana et al. (2007), Nielsen, Hansen (2007) e Muderrisoglu, Oguz, Sensoy (2010). Considerando isto, a presente pesquisa foi concebida a partir da constatação de que o espaço aqui examinado carece de estudos desta natureza. Paralelamente, foi possível perceber que futuras intervenções necessárias para a área verde em questão poderiam ser proveitosamente auxiliadas por uma avaliação acerca de sua qualidade.

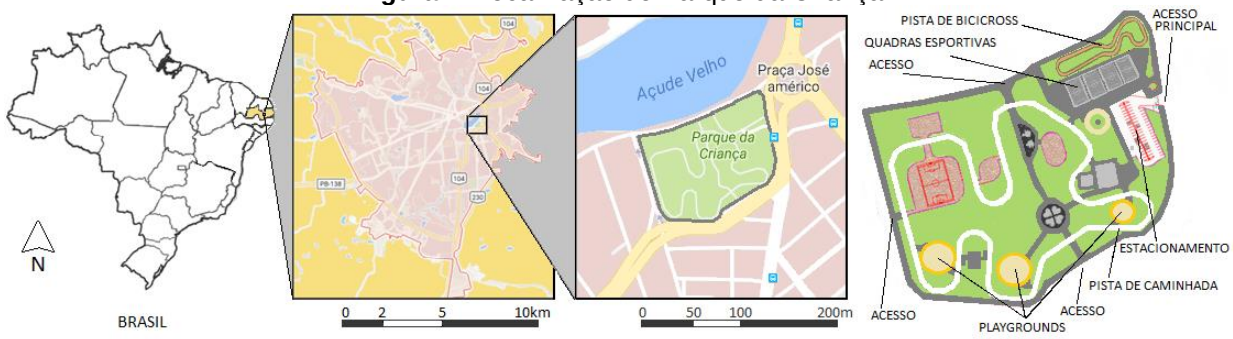
2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi concretizar uma análise quali-quantitativa da mais significativa área verde (em termos de área ocupada e de uso por parte da população) da cidade de Campina Grande/PB, o Parque da Criança. Através disto, dirigiu-se a pesquisa ao cumprimento dos seguintes objetivos específicos: apresentar aspectos que promovam a compreensão acerca da qualidade do local enquanto área verde; contribuir para o entendimento acerca de como este espaço atende às expectativas dos seus frequentadores; ressaltar lacunas que são encontradas no desempenho da área e, por fim; servir como instrumento auxiliador de medidas que podem ser efetuadas visando sua prosperidade.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido no Parque da Criança, situado no bairro Catolé e localizado próximo ao centro da cidade de Campina Grande, Paraíba. O município fica a 120 km de João Pessoa, a capital do estado, e tem área territorial de 594.182 km², contando com uma população estimada em 405.072 habitantes (IBGE, 2015). A Figura 1 destaca a localização da Paraíba e de Campina Grande no Brasil, localizando o parque dentro do município e detalhando sua área.

Figura 1. Localização do Parque da Criança



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de Google Maps (2016) e de Florentino (2016).

A área do parque é adjacente ao principal cartão postal da cidade, o Açude Velho, cujas margens prestam-se como espaço para caminhadas e ciclismo. Tendo sido construído em um local onde anteriormente funcionava um curtume, o Parque da Criança funciona desde 1993, quando foi inaugurado em 12 de outubro, dia das crianças. O portão frontal do curtume foi mantido e passou a constituir a principal entrada que dá acesso ao parque (Figura 2), já no interior do local ainda se encontra uma grande chaminé de tijolos do antigo curtume (Figura 3), que foi igualmente preservada. O parque possui uma área total aproximada de 52.000 m², destinada tanto para atividades de lazer como para a prática de esportes. Para isto, o local conta com espaços contemplativos, quiosques, playgrounds (Figura 4), pista de caminhada de 1 km de extensão (Figura 5), pista de skate, pista de bicicross, academia ao ar livre, quadras poliesportivas, campo de futebol e vôlei de areia, assim como espaços destinados a eventos culturais e sociais.

Figura 2. Entrada do Parque



Figura 3. Chaminé



Figura 4. Playground e quiosque



Figura 5. Pista de caminhada



Fonte: Fabiana de Barros Florentino.

A pesquisa realizada se enquadra na tipologia de quali-quantitativa, dividida em três etapas: a primeira fundamentada em referencial teórico sobre o tema em questão, a segunda realizada através de pesquisa de campo observacional no período de outubro a novembro de 2016, e a terceira baseada na aplicação de instrumentos (questionários) com 80 pessoas que frequentam o local estudado, o que foi feito no intuito de analisar a percepção destes usuários em relação à qualidade da área verde.

A abordagem quantitativa se baseou em uma adaptação da metodologia de Londe (2015), nela, foram investigados seis indicadores: infraestrutura, lazer/socialização, acessibilidade, vegetação, segurança e serviços de manutenção. Cada indicador é composto por variáveis que foram quali-quantitativamente analisadas pelos pesquisadores/autores. Assim, a cada variável foi atribuído um peso entre 0 (péssimo) e 4 (ótimo). Estes pesos foram então utilizados para a formação de um índice parcial específico para cada indicador. Este índice é dado pela soma dos pesos atribuídos às variáveis dividido pela soma dos pesos máximos correlatos, conforme Equação 1, onde os índices parciais variam de zero a um.

$$I_x = \frac{\sum P_A}{\sum P_M} \quad (1)$$

I: Índice parcial;
x: Variável indicador (Infraestrutura, lazer/socialização, acessibilidade, vegetação/arborização, segurança e serviços de manutenção);
$\sum P_A$: Somatório dos pesos atribuídos por variáveis;
$\sum P_M$: Somatório do peso máximo por variáveis.

A partir dos índices parciais foi calculado o Índice de Qualidade Ambiental da Área Verde (IQAV), dado pela soma dos indicadores parciais dividido pelo número de indicadores analisados, como mostra a Equação 2.

$$IQAV = \frac{I_{Infra}+I_{SO}+I_{AC}+I_{VE}+I_{SE}+I_{MA}}{N_I} \quad (2)$$

IQAV: Índice de Qualidade Ambiental da Área Verde;
$I_{(INFRA,LAZER,AC,VE,SE,MA)}$: Índice parcial (infraestrutura, lazer/socialização, acessibilidade, vegetação, segurança e serviços de manutenção);
N_I: Número de indicadores analisados.

O Índice de Qualidade Ambiental da Área Verde (IQAV) também varia de 0 a 1, e foi dividido em quatro categorias (péssimo, ruim, regular, bom e ótimo), conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação das Áreas Verdes, segundo o IQAV

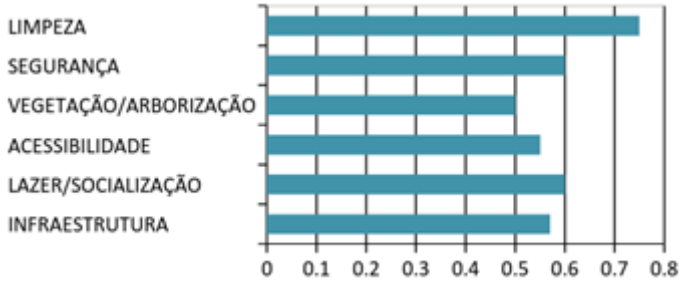
Valor do IQAV	Nível de qualidade
0,0 a 0,19	Péssimo
0,20 a 0,39	Ruim
0,40 a 0,59	Regular
0,60 a 0,79	Bom
0,80 a 1,00	Ótimo

Fonte: Londe (2016) apud Borja (1998); Rufino (2002); Pereira *et al.* (2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante a realização do cálculo foi possível obter os índices e o IQAV apresentados a seguir, na Figura 6. A obtenção de um IQAV de 0,61, de acordo com a escala de valores, confere ao Parque da Criança um índice suficiente para o alcance da classificação na categoria Bom. Os indicadores de infraestrutura, acessibilidade e vegetação atingiram um índice abaixo do IQAV do parque, o que revela que estes são os setores mais necessitados de intervenções. Os resultados obtidos com a realização desta pesquisa ressaltam que, embora o parque esteja em conformidade com boa parte dos requisitos exigidos para o bom desempenho de um espaço enquanto área verde, muitos dos indicadores analisados evidenciam lacunas que interferem na sua qualidade, e quando computa-se o índice resultante total, muitos destes indicadores são mascarados.

Figura 6. Resultados dos Indicadores parciais para o IQAV do Parque da Criança



IQAV- ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL DE ÁREAS VERDES 0,61

Após aplicação do método de Londe (2015), sentiu-se a necessidade de se confrontar os dados resultantes com as opiniões dos usuários do local, portanto, avaliou-se a percepção dos

frequentadores do parque em relação às mesmas variáveis/indicadores que foram utilizadas para a medição do índice. Os resultados obtidos a partir da aplicação de 80 questionários no próprio local, para funcionários e usuários, encontram-se nas tabelas a seguir.
A parcela mais expressiva da população que foi abordada era feminina e usuária do parque (Tabela 2), com faixa etária entre 30 e 60 anos, compondo um público que realiza de 1 a 3 visitas semanais ao parque, principalmente no turno da tarde, há mais de um ano (Tabela 3).

Tabela 2. Porcentagens relativas a sexo e tipo de frequentadores do parque

Sexo		**Tipo de frequentador**	
Feminino	51,25%	**Funcionário**	13,75%
Masculino	48,75%	**Usuário**	86,25%

Tabela 3. Faixa etária, tempo, frequência e turno de visitação dos usuários do parque

Faixa Etária		**Tempo que visita o parque**		**Frequência de visita ao parque**		**Turno**	
15 a 30	35%	**<1 ano**	23,75%	**Diariamente**	28,75%	**Manhã**	38,75%
30 a 60	46,25%	**Um ano**	13,75%	**1-3x por semana**	37,5%	**Tarde**	48,75%
> 60	18,75%	**>1 ano**	62,5%	**Esporadicamente**	33,75%	**Noite**	12,5%

Para o indicador Infraestrutura (Figura 7), segundo os questionados, bebedouros e mesas apresentam a menor quantidade, enquanto lixeiras e iluminação apresentam a maior quantidade e qualidade. No que se refere à qualidade em particular, bebedouros e bancos obtiveram a avaliação mais negativa.
No indicador Lazer/Socialização (Figura 8), os serviços de alimentação e palco/coreto foram considerados os mais insuficientes em quantidade, já os aparelhos de ginástica e a pista para caminhada foram avaliados como abundantes e satisfatórios. No quesito qualidade, para este indicador, as avaliações negativas que se destacam se referem aos serviços de alimentação e às quadras esportivas.
Quanto ao indicador Acessibilidade (Figura 9), as sinalizações para deficientes foram relatadas como inexistentes e, portanto, de pior qualidade, seguidas pela insuficiência e pouca qualidade das rampas de acesso. Os melhores resultados foram para estacionamento e calçadas, em ambos os quesitos. As figuras que seguem revelam a medida percentual da quantidade (azul) e qualidade (vermelho) das variáveis analisadas em cada indicador.

Figura 7. Variáveis do Indicador Infraestrutura

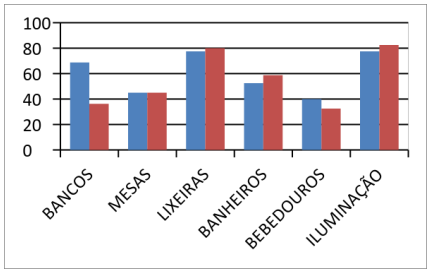


Figura 8. Variáveis do Indicador Lazer/Socialização

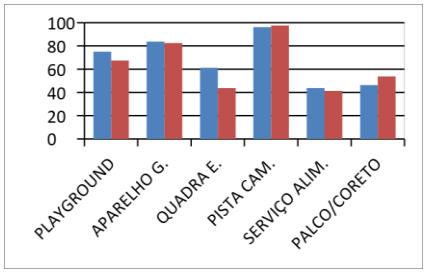
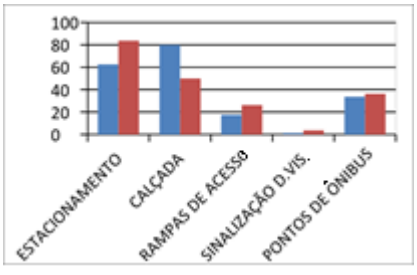


Figura 9. Variáveis do Indicador Acessibilidade



Em relação à Vegetação/Arborização (Figura 10), os piores resultados foram para o estrato rasteiro, o que se justifica pela sua quase ausência em determinados períodos do ano, e quando presente, pela sua má qualidade devido à insuficiência de cuidados. O estrato arbóreo foi considerado como o de maior quantidade e como o mais satisfatório em relação à qualidade.
Segundo os usuários do parque, a limpeza (Figura 11) nas áreas abertas é de melhor qualidade do que nas áreas fechadas, como banheiros: a primeira apresenta 80% de satisfação, enquanto a das áreas fechadas aproximadamente 68%.
Por fim, a segurança (Figura 12) foi determinada como um fator de má qualidade no local, visto que as rondas policiais não são suficientes, e que, segundo relato dos usuários, no local se presencia a ação de criminosos, principalmente nos arredores do parque. Ainda, segundo os mesmos, o período noturno é o mais deficiente em segurança, apresentando apenas 21% de satisfação.

Figura 10. Variáveis do Indicador Vegetação/Arborização

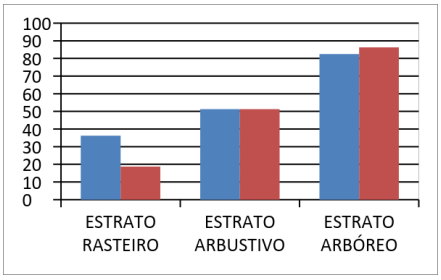


Figura 11. Variáveis do Indicador Limpeza

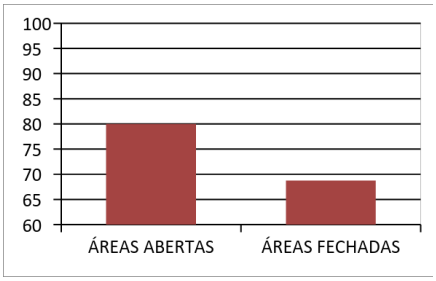
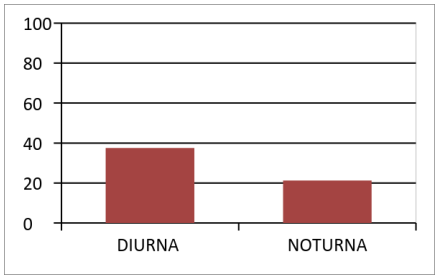
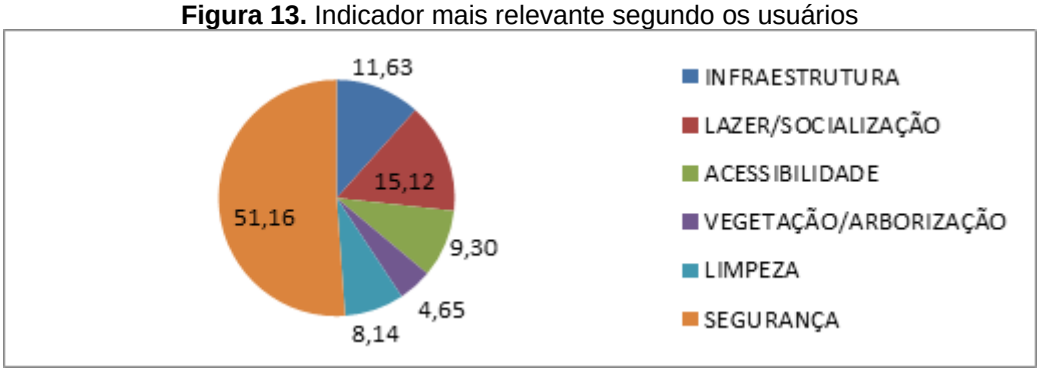


Figura 12. Variáveis do Indicador Segurança



Ao fim dos questionários, os usuários foram indagados acerca de sua opinião sobre qual dos indicadores seria considerado o mais importante para o parque. Os resultados deste questionamento são apresentados na Figura 13. Para os frequentadores, a segurança é o item mais relevante, o que foi corroborado por mais de 51% das pessoas, seguido pelos índices de Lazer/Socialização, com mais de 15% das opiniões, e infraestrutura, com mais de 11%. Acessibilidade, Limpeza e Vegetação/Arborização foram considerados os menos importantes, apresentando, cada um, menos de 10% das opiniões.

Figura 13. Indicador mais relevante segundo os usuários



Analisando os resultados a partir dos dois levantamentos realizados, o primeiro por meio do cálculo do IQAV com avaliação direta dos autores, e o segundo, por meio da percepção dos usuários, é

possível perceber que, para o primeiro, tem-se o indicador Limpeza com os melhores resultados, enquanto o indicador Vegetação/Arborização foi o de pior avaliação. Quanto ao segundo levantamento, sob a visão dos frequentadores, o indicador Lazer/Socialização obteve os resultados mais positivos, enquanto o indicador Segurança contou com a avaliação mais negativa.

5. CONCLUSÃO

A avaliação da qualidade ambiental de áreas verdes urbanas, como um parque, por exemplo, pode ser realizada através de análises multicriteriais, utilizando-se indicadores e índices que os consolidam. Esta avaliação multicriterial, por sua vez, pode ser realizada a partir da visão de especialistas e/ou a partir da visão do público usuário em conjunto com a equipe de operação e manutenção da área verde. Neste artigo apresentam-se avaliações a partir dessas duas visões, utilizando um mesmo conjunto de indicadores e critérios. Não obstante haja disparidades nos resultados entre as duas abordagens, percebeu-se que, em geral, elas apresentam mais convergências do que divergências. Por exemplo, os resultados mostram que os indicadores de infraestrutura, acessibilidade e vegetação atingiram valores abaixo da média na visão dos especialistas, apontando que estes são os setores mais necessitados de intervenções, conclusão corroborada inclusive pela opinião dos usuários do parque. Isto ressalta que, quando realizadas para uma única área verde, como foi o caso deste estudo, as avaliações devem ser usadas de forma integrada, critério a critério, para o planejamento e execução das intervenções corretivas ou de aprimoramento. As opiniões expressas pela comunidade de usuários denotam a sua expectativa frente ao desempenho da área verde e podem ser tomadas como critério decisório na priorização da execução.

AGRADECIMENTOS
Este trabalho contou com apoio da CAPES, CNPq e FINEP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, A.F. Sistema de Espaços Livres Públicos e Índice de Qualidade de Áreas Verdes (IQAV) da paisagem urbana de São Bernardo do Campo (SP). 2013. 150 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo – São Paulo, 2013.

DE VRIES S., VERHEIJ R.A., GROENEWEGEN P.P., SPREEUWENBERG P. Natural environments — healthy environments? Environment and Planning, 35. pp. 1717-1731, 2003.

FLORENTINO, Fabiana de Barros. Anteprojeto Luminotécnico para o Parque da Criança - Campina Grande/PB. Campina Grande, 120 p., 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) - Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2015/estimativa_2015_TCU_20160211.pdf. Acesso: 2 de Outubro de 2016.

LONDE, P.R. Sistemas de espaços livres: uma avaliação da qualidade ambiental das áreas verdes de Patos de Minas/MG.184f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Geografia, 2015.

LONDE, P.R.; MENDES, P.C. Qualidade ambiental das áreas verdes urbanas na promoção da saúde: O caso do parque municipal do Mocambo em Patos de Minas/MG. Hygeia, n. 12, v.22, p. 177-196, 2016.

LUKE, T. W. At the end of nature: Cyborgs, “humachines” and environments in postmodernity. Environment and Planning A 29, no. 8: pp. 1367-80, 1997.

MMA, Ministério do Meio ambiente. Áreas Verdes Urbanas. Disponível em: http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/parques-e-áreas-verdes. Acesso em: 12 de outubro de 2016.

MUDERRISOGLU H., OGUZ D., SENSOY N. An evaluation of green areas from the point of user satisfaction in Ankara, Turkey: Gap analyses method. Journal of Agricultural Research. Vol. 5 (10), pp. 1036-1042, 2010.

NIELSEN T.S., HANSEN K.B. Do green areas affect health? Results from a Danish survey on the use of green areas and health indicators. Health & Place, 13, pp. 839-850, 2007.

OMS (WHO), 1948. Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference. Disponível em: http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf. Acesso em: 12 de outubro de 2016.

REZVANI M.R., MANSOURIAN H., SATTAR M. H. Evaluating Quality of Life in Urban Areas (Case Study: Noorabad City, Iran). Social indicators research, v. 112, n. 1, pp. 203-220, 2012.

SAYRE, N. F. Climate change, scale, and devaluation: the challenge of our built environment. Washington and Lee Journal of Energy, Climate, and the Environment, v. 1, n. 1, p. 93, 2010.

SANTANA, P.; NOGUEIRA, H.; SANTOS, R., COSTA, C. Avaliação da qualidade ambiental dos espaços verdes urbanos no bem-estar e na saúde. SANTANA, P. (ed.) A Cidade e a Saúde. Coimbra: Edições Almedina, 2007.

TANAKA, A., TAKANO, T., NAKAMURA K., TAKEUCHI S. Health levels influenced by urban residential conditions in a megacity – Tokyo. Urban Studies 33, pp. 879-894, 1996.

TYRVAINEN L., MÄKINEN K., SCHIPPERIJN J. Tools for mapping social values of urban woodlands and other green areas. Landscape Urban Planning.79, pp. 5-19, 2007.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects: The 2015 Revision, World Population 2015 Wallchart, 2015.

WHO. Community participation in local health and sustainable development: A working document on approaches and techniques. Copenhagen: WHO, 1999.

458. AGRICULTURA URBANA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A AUTOSUSTENTABILIDADE ALIMENTAR EM MUNICIPALIDADES DE PEQUENO PORTE

PAIM, Alessandra[1](alebhp@gmail.com); SATTLER, Miguel Aloysio*[1](masattler@gmail.com)
[1]Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O presente artigo surge a partir da necessidade de uma reflexão sobre o sistema atual de produção de alimentos e abastecimento das cidades e seus impactos no ambiente e na saúde da população. O desenvolvimento sustentável busca sistemas eficientes de produção visando cidades autossuficientes e saudáveis. A implementação da agricultura urbana pode ser uma importante resposta para a expectativa de diminuição na oferta de alimentos, principalmente associados à decrescente disponibilidade de energia prevista para as próximas décadas, além de possibilitar benefícios econômicos e para a saúde, assim como uma maior integração entre os produtores e os consumidores dos alimentos. A agricultura urbana possibilita, também, a destinação de resíduos domésticos para a produção de composto (melhorando as características do solo produtivo), a utilização de espaços ociosos, a educação ambiental, a segurança alimentar, o desenvolvimento de uma economia de caráter local, como ainda oportuniza espaços atrativos e saudáveis de recreação e lazer. O **objetivo principal** do artigo é o desenvolvimento de uma abordagem para a identificação de áreas de maior aptidão para o estabelecimento e a manutenção da agricultura urbana inserida no contexto de planejamento urbano das cidades de pequeno porte, com a definição de padrões mais sustentáveis para o uso e a ocupação do território. Como **metodologia**, foi realizada uma revisão de literatura associada ao tema, com vistas à sua aplicação na cidade de Feliz, RS. A **contribuição do estudo** se refere à proposição de estratégias para auxiliar na tomada de decisões, no que concerne à implementação da agricultura urbana inserida no planejamento urbano mais sustentável, principalmente das pequenas municipalidades. Os **resultados** do estudo identificam a agricultura urbana como contribuinte para a geração de uma economia local, em adição a um eficiente sistema de suprimento de alimentos para o meio urbano.
Palavras-chave: agricultura urbana; desenvolvimento sustentável; urbanismo sustentável; produção urbana de alimentos; hortas comunitárias.

URBAN AGRICULTURE AND ITS CONTRIBUTION TO FOOD SELF-SUSTAINABILITY IN SMALL MUNICIPALITIES

ABSTRACT
This paper arises from the necessity of reflection over the current systems of food production and communities supply as well as on their impacts on the environment and public health. A sustainable development requires efficient production systems for self-efficient and healthy cities. The implementation of urban agriculture could be an important answer to the expected decrease of food offer, resulting from the decline of energy availability foreseen in the next decades, in addition to its contribution to economic and health benefits, as well as to a larger integration between producers and food consumers. Urban agriculture also makes possible the use of household food wastes for compost production (increasing the fertility of productive land), a clever use of idle spaces,

environmental education, food safety, the development of local economies and, last but not least, the opportunity to create healthy spaces for leisure and recreation. The main goal of this paper is the development of an approach to identify optimal areas for urban agriculture establishment and maintenance, embedded in the urban planning context of small cities, besides contributing to the definition of more sustainable standards of territory uses. Methodologically, a literature revision associated to the subject was carried out for its application in the municipality of Feliz, State of Rio Grande do Sul. The contribution of the study is the proposition of strategies in order to assist decision making, regarding the implementation of urban agriculture embodied in sustainable urban planning, being particularly related to the reality of small municipalities. The results of the study allow identifying urban agriculture as a local economy booster, in addition to contributing to a more efficient urban food supply system.
Keywords: urban agriculture; sustainable development; sustainable urbanism; urban food production; community gardens.

1. INTRODUÇÃO

Por milhares de anos, a relação entre a comunidade e a agricultura era simples - onde quer que houvesse um assentamento humano, havia também o cultivo de alimentos para suprir a demanda local da população (MCLENNAN, 2010). Apenas muito recentemente na história humana (menos de 200 anos, nas sociedades mais industrializadas) e realmente só nos últimos 80 – 100 anos, para a maioria da humanidade, as fontes de alimento foram separadas das cidades e da vida cívica e cultural das pessoas (MCLENNAN, 2010; GORGOLEWSKI et al., 2011). Esse fato foi decorrência do avanço e da ampliação no uso de meios de transportes, capazes de percorrer distâncias cada vez maiores, em um tempo cada vez menor.

Muitos aspectos comprovam a insustentabilidade das atuais formas de produção e comércio de alimentos, onde o modelo agrícola industrial dominante, operado em grande escala, compromete a produtividade natural e cíclica do solo, contribuindo para sua deterioração e reduzindo a sua fertilidade (FREUDENBERGER; WEGRZYN, 1994; VILJOEN, 2005). Além disso, apesar da tendência crescente de produção de alimentos orgânicos, os alimentos supridos globalmente à população estão cada vez mais contaminados com substâncias tóxicas (POLLAN, 2008; MCLENNAN, 2010).

No entanto, segundo Gittleman (2009) há um movimento de retorno à produção de alimentos onde a maioria da população mundial habita, ou seja, para o interior das cidades, tanto com a finalidade de reduzir os impactos ambientais da agricultura industrial, quanto para proporcionar o acesso equitativo a alimentos mais saudáveis e com preços mais acessíveis.

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação[1] tem estimulado a agricultura urbana e periurbana desde 1999, quando foi reportado que 800 milhões de pessoas, em todo o mundo, estavam envolvidas com a produção de alimentos e com a criação de pequenos animais dentro ou próximo dos limites urbanos (FAO, 2014).

A AU contribui para a segurança alimentar nas cidades, principalmente nas áreas urbanas mais carentes, onde a desnutrição pela dificuldade de acesso a alimentos saudáveis, devido aos preços elevados, constitui-se em das preocupações mais significativas (CORBOULD, 2013), já que as famílias urbanas pobres gastam até 80% de sua renda em alimentos (FAO, 2012).

Assim, à medida que planejarmos as cidades e os bairros do futuro – para serem "vivos e mais sustentáveis" – é fundamental que nos questionemos, ao mesmo tempo, sobre como e onde

[1] Food and Agriculture Organization of the United Nations.

deveremos cultivar os alimentos, de modo a reconectar a civilização com aquilo que permite a sua sobrevivência, que é a agricultura (MCLENNAN, 2010).

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste artigo é o de descrever o desenvolvimento de uma abordagem para a identificação de áreas de maior aptidão para o estabelecimento e a manutenção da agricultura urbana (AU). Foi contemplado o contexto de planejamento urbano das cidades de pequeno porte, com vistas a oferecer suporte aos atores sociais envolvidos no processo de tomada de decisão, no que concerne ao desenvolvimento urbano mais sustentável.
Conforme exposto, é de grande importância o entendimento sobre como uma cidade pode operar de forma mais eficiente. Neste particular, a produção de alimentos, entendida como uma ferramenta multifuncional, pode oferecer benefícios em distintas escalas, sendo capaz de explorar mais racionalmente a infraestrutura oferecida pela cidade e de promover a melhoria da qualidade de vida da população.

3. METODO DE PESQUISA

Como metodologia, com base em uma revisão da literatura associada ao tema, buscou-se estabelecer princípios e diretrizes que pudessem ser aplicados a uma municipalidade de pequeno porte, no estado do Rio Grande do Sul, a cidade de Feliz. A revisão constou de uma investigação em bases de dados internacionais e nacionais, buscando identificar resultados de trabalhos publicados em periódicos e relatórios de pesquisas. Além disso, foram consultadas pesquisas prévias realizadas no NORIE[2], na área de sustentabilidade.
Os principais temas investigados para a elaboração deste trabalho foram: (a) agricultura urbana; (b) sua relação com o planejamento urbano; (c) estratégias estimulando a sua adoção; (d) sua importância em municípios brasileiros de pequeno porte; e (e) o caso do município de Feliz, RS.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Objetivos e benefícios da agricultura urbana

A agricultura urbana, em um contexto amplo, inclui o cultivo, o manejo e a distribuição de alimentos dentro da cidade, podendo ser uma importante resposta para a diminuição na oferta de alimentos de qualidade, prevista para dentro de algumas décadas, assim contribuindo para uma maior segurança alimentar da população (MOUGEOT, 2000) e, também, para os implícitos benefícios para a saúde da população (RYDIN et al., 2012).
A característica distintiva mais importante da agricultura urbana é a sua integração aos sistemas econômico, social e ecológico urbano. Tal integração requer o uso de recursos bem distintos, tais quais: solo, resíduos orgânicos urbanos e água; além de estar associada à sua capacidade de geração de emprego e renda; possibilitando, ainda, a integração de comunidades, a criação de novas paisagens, etc. Deste modo, além de contribuir para a alimentação dos cidadãos urbanos, a agricultura urbana impacta na cidade, em termos de resiliência, segurança alimentar, ecologia, economia, coesão social, saúde, redução da pobreza, significado cultural e desenvolvimento sustentável (MOUGEOT, 2000; NUGENT, 2000; MCLENNAN, 2010; CORBOULD, 2013).
Segundo Nugent (2000); Mougeot (2000) e McLennan (2010), a AU também tem a sua importância acrescida por possibilitar a utilização de resíduos domésticos para compostagem, a utilização de espaços ociosos, a educação ambiental, o desenvolvimento de uma economia de caráter local, como ainda de oportunizar espaços atrativos e saudáveis de recreação e lazer.

[2] Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da UFRGS.

Para os mesmos autores e para Roese (2004), a prática da agricultura urbana contribui, também, para o abrandamento de microclimas e para a manutenção da biodiversidade; assim, como para o escoamento e absorção das águas das chuvas; para a diminuição do efeito de ilha de calor urbano e também para o valor estético da cidade, já que agrega um indiscutível valor estético, valorizando, inclusive, os imóveis das redondezas.
Swinton et al. (2007) incluem, ainda, entre as contribuições da AU, a preservação da fertilidade do solo; a proteção dos agentes polinizadores; a manutenção e do habitat para os animais, em adição à contenção de pragas, à atenuação das emissões de gases, bem como o sequestro de carbono.

4.2 A agricultura urbana e o planejamento urbano

Apesar de sua importância para a sustentabilidade das cidades, a integração da AU a ecossistemas urbanos não tem recebido o devido reconhecimento em estudos e aplicações para o planejamento urbano (Aubry et al., 2012).
Segundo Mougeot (2000), uma integração mais completa da AU com o ecossistema urbano exigiria que os planejadores urbanos, de saúde pública e de gestão ambiental somassem esforços. Mais precisa ser feito pelos agentes envolvidos na proposição de políticas urbanas, nos planos nacionais e municipais, para ajudar as comunidades e cidades a capitalizar a sua experiência coletiva e para integrar a AU ao organismo da cidade, de uma forma mais justa, viável e sustentável (MOUGEOT, 2000; CAVRIC; MOSHA, 2005).
A rápida urbanização das cidades resulta, segundo Thaitakoo et al. (2013), em uma paisagem altamente heterogênea, áreas de uso urbanas conectadas às áreas rurais adjacentes. A agricultura urbana possibilita, neste sentido, o estabelecimento de estratégias que permitem costurar essa paisagem antagônica, reduzindo o contraste entre as áreas rurais e urbanas, uma vez que elas são interdependentes e conectadas.
Muitas políticas de uso do solo que, no passado, continham propostas para a implementação da agricultura periurbana, e que foram aplicadas principalmente em países desenvolvidos, têm seguido uma abordagem de proteção do solo, por meio da criação de um zoneamento urbano, ou do uso de políticas denominadas "cinturões verdes", que estabelecem limites entre áreas urbanas e rurais, separando as áreas construídas das chamadas áreas verdes (AMATI, 2008).
No entanto, o planejamento territorial, com a finalidade exclusiva de proteção da terra, não é suficiente para incentivar os agricultores a continuar suas atividades agrícolas próximo às áreas urbanas e têm resultado no abandono das atividades agrícolas e em conflitos sobre usos do solo, tanto dentro, como fora das áreas verdes (DARLY; TORRE, 2013).
Mougeot (2000) et al., apontam que os planejadores urbanos devem avaliar os itens necessários para o desenvolvimento da agricultura urbana nas cidades, identificando soluções que incentivem a sua prática em pequena escala, além do fornecimento de uma infraestrutura básica que lhe dê suporte.
Criar um sistema alimentar local, com o planejamento e ordenamento do território, portanto, exige a compreensão dos interesses e do comportamento dos agentes envolvidos (consumidores, comerciantes e produtores). Embora as áreas ao redor das cidades tenham um rico potencial para integrar sistemas alimentares locais, o comportamento dos atores relacionados a alimentos pode não ser "local", pois muitos produtores exportam a sua produção, ao invés de comercializá-la localmente (KURITA et al., 2009).

4.3 A AU e a sua inserção nas cidades

4.3.1 Estratégias para o estabelecimento da AU

Para eleger as áreas mais adequadas para a incorporação da AU nas cidades, é necessário, primeiramente, compreender as características das áreas disponíveis, para, então, identificar os locais mais adequados para a implementação de cada uma das diversas opções possíveis de AU (LA ROSA; PRIVITERA, 2013). Deste modo é necessário, primeiramente, caracterizar as áreas disponíveis, em termos físicos, ecológicos e sociais (LA ROSA, 2014).

Segundo Alexander (1977), os vales deveriam ser preservados nas áreas urbanas, tornando-os protegidos dos empreendimentos urbanos, que podem destruir ou reduzir a fertilidade do solo. Os vales devem, portanto, ser reservados para fazendas urbanas, parques e áreas silvestres.

Entre as tipologias comuns de agricultura urbana, com potencial para serem inseridas nas áreas disponíveis das cidades, a partir de estratégias de planejamento urbano, destacam-se: as hortas comunitárias, as fazendas urbanas e os parques agrícolas.

As *hortas comunitárias* são locais de lazer e integração de diversos grupos sociais (jovens, idosos, crianças, pessoas de baixa renda ou sem ocupação); permitindo a jardinagem e o cultivo de alimentos. A sua área pode variar de 50-100 m^2 a 200-400 m^2 (RUBINO, 2007).

As *fazendas urbanas* frequentemente operam com o apoio da comunidade e estabelecem uma ligação direta entre a produção e o consumo de alimentos, podendo ter áreas de tamanhos variados, a partir de 0,8 Ha (Van En, 1995). Segundo Aubry et al., (2012), as fazendas urbanas são a forma primária de agricultura urbana e são caracterizadas pela produção de produtos frescos.

Os *parques agrícolas* são concebidos como sistemas agroflorestais, constituídos por grandes áreas agrícolas, onde a produção de alimentos está integrada à paisagem rural e à proteção da fauna e da flora (SORACE, 2001), proporcionando também benefícios culturais e estéticos.

Outros contextos geográficos ou diferentes escalas de planejamento podem resultar em diferentes categorias de AU, tais como as hortas domésticas (CAMERON et al., 2012) e as fazendas educacionais ou sociais, requerendo, portanto, critérios e indicadores específicos.

4.3.2 Estratégias para a manutenção da AU nas cidades

Uma das dificuldades para que a prática da AU seja ampliada é a falta de conhecimento por parte dos pequenos agricultores urbanos, dificultando o seu acesso aos mercados consumidores. Isso acontece porque os pequenos produtores não são bem-vindos em mercados já estabelecidos e por eles desconhecerem as preferências dos consumidores (DRECHSEL; KUNZE, 1999).

Entre as soluções de pequena escala a serem consideradas, a implementação de áreas de atividade de comércio descentralizado, próximo aos bairros residenciais e ao longo das rotas de transporte nas zonas de AU, podem propiciar uma boa base para vendas. Além disso, os agricultores urbanos poderiam aumentar seu poder de mercado por meio do desenvolvimento de cooperativas, para a comercialização de sua produção (FAO, 1999).

Em nível familiar, as políticas públicas podem fornecer suporte técnico e treinamento, por meio de serviços de extensão voltados às necessidades dos agricultores urbanos (NUGENT, 2000). Além disso, os governos locais podem facilitar a disponibilidade de microcrédito para os agricultores urbanos, eliminar as barreiras oficiais para a AU, e possibilitar acesso direto ao mercado consumidor (NUGENT, 2000).

4.4 Os municípios brasileiros de pequeno porte

Os municípios brasileiros de pequeno porte são caracterizados por sua proximidade com o meio rural, e por serem dotados de um ecossistema pouco alterado pelas atividades urbanas. Possuem

população com até 20.000 habitantes, com baixa densidade populacional e com a maior parte de sua população residindo em área urbana (IBGE, 2014).
Segundo Kuhn (2014), os municípios de pequeno porte desempenham um papel fundamental para o abastecimento e para a conservação dos recursos naturais do país, visto que são aqueles que abrigam as atividades agropecuárias e que ainda apresentam áreas com relativamente baixos níveis de interferência antrópica e, consequentemente, com maior biodiversidade.
Essas municipalidades, devido ao seu menor grau de desenvolvimento e pela não obrigatoriedade em possuir um Plano Diretor, dispõem de mais áreas disponíveis para a inserção da agricultura urbana em locais centrais e na interface urbano/rural, o que possibilita a definição de estratégias de zoneamento para o futuro desenvolvimento, bem como, para a elaboração de Planos de Ocupação e Usos do Solo.
O Brasil possui um total de 5.570 municípios, dos quais 3.787, aproximadamente 68%, possuem até vinte mil habitantes (IBGE, 2014).
Os pequenos municípios representam, portanto, locais estratégicos para a implementação de ações para o uso sustentável dos recursos naturais, em escala nacional, sendo imperativa a concentração de esforços e recursos financeiros para o desenvolvimento de ações a eles direcionados (VEIGA, 2002).

4.5 O municipio de Feliz, RS

Feliz está situada entre os dois principais polos econômicos do Estado do RS: a região metropolitana (80 km distante de Porto Alegre) e a região da serra gaúcha (45 km distantes de Caxias do Sul).
A população do município de Feliz é de 12.359 habitantes, segundo dados do IBGE (2015), sendo 76,18% da população residente em área urbana. A densidade demográfica do município é de 129,59 hab./km². Na zona urbana, a densidade é de 484 hab./km², e na zona rural é de 38 hab./km² (IBGE, 2015).
Tendo como base o ano de 2013, a produção de Feliz se distribui da seguinte maneira: 35,19%, tem origem na agricultura; 34.67%, na indústria; e 30.15% está associada a comércio e serviços (FELIZ, 2016).
Com relação às características territoriais do município, Feliz possui um perímetro urbano bem amplo, que extrapola os limites da mancha de urbanização mais densa, incluindo, desse modo, áreas que ainda mantém características de ocupação rural (LATUS, 2013). A cidade também apresenta um grande percentual de terrenos vazios, sendo que, somente na zona de comércio e serviços (zona central), foi contabilizado um total de aproximadamente 56 terrenos vazios. Desses, 33 imóveis possuem área maior que 700m² (LATUS, 2013).

Figura 1. Vazios urbanos na área central do município de Feliz (FELIZ, 2016)



Entretanto, de acordo com o Plano Diretor do município, os imóveis com mais de 700m² localizados na zona de comércio e serviços e, considerados imóveis não edificados, subutilizados ou não utilizados, são passíveis de parcelamento, edificação ou utilização compulsória, visando evitar a retenção especulativa de imóvel urbano (FELIZ, 2016).

4.5.1 Agricultura

As atividades do setor primário estão associadas, principalmente, com o cultivo de hortigranjeiros, com a avicultura e a suinocultura, possuindo grande representatividade na economia municipal.

O setor primário é representado por mais de 720 propriedades rurais, com uma área total de 4.850 hectares. A maior parte da produção agrícola do município é exportada para Porto Alegre e comercializada na CEASA[3], em grandes redes de supermercados, em mercados menores ou diretamente vendida para comercialização em bancas localizadas no centro de Porto Alegre (FELIZ, 2016). Com relação à produção de alimentos para consumo próprio, de acordo com os dados de uma pesquisa realizada em 2% dos domicílios da municipalidade, em 2008[4], pelo Grupo de Pesquisas do NORIE (NORIE, 2008), existe uma significativa produção de hortaliças e frutas para consumo próprio, tanto na zona rural, quanto na zona urbana. De acordo com esta pesquisa, foi identificado o cultivo de mais de 55 espécies vegetais, principalmente de frutas e hortaliças, adequadas às características de sazonalidade local. Já, os produtos de origem animal, têm sua produção concentrada na zona rural do município.

[3] Centrais de Abastecimento do RS

[4] Pesquisa realizada por alunos de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS, em 2008, baseada em entrevistas estruturadas em 89 domicílios do município de Feliz (2% do total de domicílios), sendo 57 na zona urbana, e 32 na zona rural.

Entre a produção de alimentos na zona rural do município, destaca-se a produção de morango, amora preta e figo (FELIZ, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A AU possibilita complementar, através da produção local, o suprimento de alimentos à população. Por isto mesmo ela é importante por fortalecer a segurança alimentar nas cidades (MOUGEOT, 2000).

Para Alberti e Susskind (1996), o planejamento urbano influencia a maneira como as pessoas se utilizam dos recursos naturais. Por outro lado, as cidades oferecem grandes oportunidades para utilização de recursos locais, de modo eficiente, que frequentemente não são explorados. A maneira como as cidades são planejadas e administradas pode, portanto, contribuir significativamente para sua maior sustentabilidade. A revisão de literatura e os estudos sendo desenvolvidos no municipio de Feliz permitem identificar o potencial e importância da autosuficiência alimentar em municipios de pequeno porte. Entende-se que a intensificação da agricultura urbana na cidade de Feliz possa vir a constituir uma oportunidade para abastecer a população local com alimentos saudáveis, principalmente a parcela menos favorecida e mais vulnerável da população.

Além disso, em pequenas municipalidades a proximidade da área urbana com a área rural permite um intercâmbio de conhecimento e de trocas entre os agriculturores rurais e urbanos, promovendo uma sinergia muito importante para a intensificação dessa relevante atividade.

Como propõe Nugent (2000), a ocupação de terrenos vazios nas cidades poderia contribuir para o estabelecimento de parcerias entre os proprietários e os agricultores urbanos. Em Feliz, isto poderia ser alcançado com o estabelecimento de uma rede de hortas comunitárias localizadas em seus vazios urbanos. Ao se estimar a produção passível de ser obtida no município, caso os vazios urbanos com área superior a 700m² fossem utilizados para uso de AU e tendo como modelo de produtividade aquele da família Dervaes[5], com produção anual de 7,5kg/m², chega-se à conclusão de que, tão somente na área existente em Feliz sujeita à utilização compulsória, de aproximadamente 15 hectares, poderiam ser produzidas 1.125 toneladas de alimentos por ano, com isso podendo alimentar quase que integralmente (em uma dieta ovo-lacto-vegetariana) 1.500 pessoas (cerca de 16% da população urbana).

6. CONCLUSÃO

A agricultura urbana apresenta potencial para, através da produção de alimentos, contribuir para a geração de uma economia local, além de possibilitar outros benefícios para a população.

Conforme mencionado anteriormente, a AU, quando contemplada no planejamento urbano, deve ser concebida para complementar à agricultura rural. Ela deve ser considerada como um importante contribuinte para a sustentabilidade ambiental, reduzindo os impactos referentes à cadeia de produção e comercialização de alimentos e articulando as atividades urbanas e rurais para que atuem integradas ao ecossistema urbano.

[5] Com residência em Pasadena (EUA), a família Dervaes, composta por quatro pessoas, produz 3 toneladas de alimentos orgânicos por ano, em uma área de 400 m², onde são cultivadas 400 espécies distintas de frutas, vegetais e ervas, suprindo até 90% do total de alimentos consumidos pela família, ao longo do ano. O excedente produzido é comercializado, garantindo uma renda extra anual, de cerca de 20 mil dólares americanos (URBAN HOMESTEAD, 2016). Disponível em: <http://urbanhomestead.org>. Acesso em: 07 mar. 2017.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, M.; SUSSKIND, L. Managing Urban Sustainability: an Introduction to the Special Issue. In: Environmental Impact Assessment Review v.16 n.3, p.213-221, 1996.

ALEXANDER, Christopher; ISHIKAWA, Sara; SILVERSTEIN, Murray. A pattern Language. Oxford University Press: New York, 1977.

AMATI, M. Urban green belts in the twenty-first century. Reino Unido: Ashgate, 2008.

AUBRY, Christine et al. Urban agriculture and land use in cities: An approach with the multi-functionality and sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar). Land Use Policy, v. 29, n. 2, p. 429-439, 2012.

CAMERON, Ross WF et al. The domestic garden–Its contribution to urban green infrastructure. Urban Forestry & Urban Greening, v. 11, n. 2, p. 129-137, 2012.

CAVRIC, Branko I.; MOSHA, Aloysius C. Incorporando a agricultura urbana no planejamento da cidade de Gaborone, Botsuana Estudo-de-caso de Glen Valley, 2005.

CORBOULD, C. Feeding the Cities: Is Urban Agriculture the Future of Food Security. Stragegic Analysis Paper. Future Directions International. 2013.

DARLY, S.; TORRE, A. Conflicts over farmland uses and the dynamics of “agri-urban” localities in the Greater Paris Region: An empirical analysis based on daily regional press and field interviews. Land Use Policy, v. 33, p. 90-99, 2013.

DRECHSEL, P.; KUNZE, D. Synopsis from International Workshop on Urban and Peri-Urban Agriculture: Closing the Nutrient Cycle for Urban Food Security and Environmental Protection, Accra, August 1999.

FAO. Urban food supply and distribution policy in developing countries: a concept paper. FAO Inter-regional Program on Food Supply and Distribution to Cities, 1999.

FAO. Criar Cidades Mais Verdes. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2012.

FAO. Growing Greener Cities in Latin America and the Caribbean. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 2014.

FELIZ. Município. Feliz, RS. Disponível em: <http://www.feliz.rs.gov.br/municipio>. Acesso em: 12 dez. 2016.

FREUDENBERGER, D.; WEGRZYN, V. Growth, form, and productivity. In: LYLE, JT org. Regenerative design for sustainable development. New York: John Wiley & Sons, p. 187-223, 1994.

GITTLEMAN, M. The Role of Urban Agriculture in Environmental and Social Sustainability, a Case Study of Boston Massachusetts. E-Book. Tufts University, 2009. 100 p.

GORGOLEWSKI, M.; KOMISAR, J.; NASR, J. Carrot city: creating places for urban agriculture. New York: Monacelli, 2011.

IBGE. Estimativas da População dos Municípios Brasileiros. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

_____. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

KUHN, E. A. Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz/RS. 2014. Tese de doutorado – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

KURITA, H.; YOKOHARI, M.; BOLTHOUSE, J. The potential of intra-regional supply and demand of agricultural products in an urban fringe area: a case study of the Kanto Plain, Japan. Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography, v. 109, n. 2, p. 147-159, 2009.

LA ROSA, Daniele et al. Agriculture and the city: a method for sustainable planning of new forms of agriculture in urban contexts. Land Use Policy, v. 41, p. 290-303, 2014.

LA ROSA, D.; PRIVITERA, R. Characterization of non-urbanized areas for land-use planning of agricultural and green infrastructure in urban contexts. Landscape and Urban Planning, v. 109, n. 1, p. 94-106, 2013.

LATUS CONSULTORIA. Plano Diretor Participativo: Leitura da Realidade. Feliz: Prefeitura Municipal de Feliz, 2013.

MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science, v. 20, n. 7, p. 703-726, 2006.

MCLENNAN, J. The Urban Agriculture Revolution. Bringing Food into Living Cities. Seattle: Revista TrimTab, 2010.

MOUGEOT, L. Urban agriculture: Definitions, presence, potentials and risks**.** In: *Growing cities, growing food: Urban agriculture on the policy agenda: A reader on urban agriculture*. Edited by: Barker et al. Feldafing, Germany: German Foundation for International Development (DSE); 2000.

NORIE. Grupo de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis. KUHN, Eugenia et al. Trabalho apresentado na disciplina de Engenharia Urbana Sustentável. PPGEC/UFRGS, 2008.

NUGENT, R. The impact of urban agriculture on the household and local economies. In: *Growing cities, growing food: Urban agriculture on the policy agenda: A reader on urban agriculture*. Edited by: Barker et al. Feldafing, Germany: German Foundation for International Development (DSE); 2000.

POLLAN, M. An Open Letter to the Farmer in Chief. New York Times Magazine, 2008.

ROESE, A. D. Agricultura urbana: uma apresentação. Embrapa, 2004.

RUBINO, A. The allotment gardens of the Ile de France: a tool for social development. Journal of Mediterranean Ecology, v. 8, n. 1/4, p. 67, 2007.

RYDIN, Yvonne et al. Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century. Lancet, v. 379, n. 9831, p. 2079, 2012.

SORACE, A. Value to wildlife of urban-agricultural parks: a case study from Rome urban area. Environmental Management, v. 28, n. 4, p. 547-560, 2001.

SWINTON, Scott M. et al. Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. Ecologicaleconomics, v. 64, n. 2, p. 245-252, 2007.

THAITAKOO, Danai et al. Bangkok: The Ecology and Design of an Aqua-City. In: Resilience in Ecology and Urban Design. Springer Netherlands, 2013. p. 427-442.

VAN EN, R. Eating for your community: Towards agriculture supported community. Context, v. 42, n. Fall, p. 29-31, 1995.

VEIGA, J. E. DA. Cidades imaginárias: o Brasil é menos urbano do que se calcula. Campinas: Editores Associados, 2002.

VILJOEN, A. Continuous Productive Urban Landscapes: Designing urban agriculture for sustainable cities. Oxford: Architectural Press, Elsevier, 2005.

480. CONFORTO FÍSICO APLICADO À QUALIDADE AMBIENTAL URBANA EM ESPAÇOS COLETIVOS: Um diagnóstico da cidade de São Luís, Maranhão.

BUONOCORE, Carolina[*1] (carolina_buonocore@yahoo.com.br); NOGUEIRA, Jussara*[2] (jussara@deurb.com.br)
[1]Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil
[2]Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Brasil

RESUMO
O presente trabalho se insere no contexto dos sistemas de espaços abertos urbanos, com enfoque na conservação socioambiental e no conforto físico proporcionado aos usuários desses lócus, e tem por objetivo elaborar um diagnóstico ambiental de dois recortes territoriais representativos da cidade de São Luís, Maranhão, Brasil: os conjuntos COHAB-Anil I e Parque Atlântico. Os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa, que é produto de um trabalho de conclusão de curso, envolveram: (1) o estudo e o entendimento de oito parâmetros de conforto físico – radiação solar, temperatura do ar, umidade do ar, ventilação, relevo, permeabilidade das superfícies, arborização e mobilidade – na cidade contemporânea; (2) a exploração qualitativa dos recortes territoriais por meio de: registros fotográficos, entrevistas com os moradores e/ou transeuntes e percepções (das pesquisadoras e dos entrevistados) acerca dos parâmetros de conforto físico ambiental nos espaços coletivos; e (3) a compilação gráfica, por meio de mapas, das informações apreendidas. Concluiu-se que ambos os recortes carecem de mais áreas permeáveis e de maior arborização nos espaços coletivos, condições que são fundamentais ao equilíbrio dos sistemas naturais – ciclo hidrológico, solos, biodiversidade etc. – inerentes ao território e que favorecem uma condição de conforto físico ambiental dos passantes, especialmente tendo-se em conta o rigor climático de São Luís, com clima equatorial quente e úmido. O diagnóstico ambiental mostrou boa representatividade do panorama verificado para a cidade como um todo, e proporcionou a eleição de diretrizes de intervenção em favor da qualidade ambiental urbana, quais sejam: a atenuação dos parâmetros climáticos, o equilíbrio do ecossistema local e a valorização do espaço coletivo por meio da arborização contínua, da permeabilidade das superfícies e do incentivo ao pedestre.
Palavras-chave: Conforto físico; Espaço coletivo; Ecossistema; Qualidade ambiental urbana.

PHYSICAL COMFORT APPLIED TO URBAN ENVIRONMENTAL QUALITY IN COLLECTIVE SPACES: An assessment of São Luís, Maranhão.

ABSTRACT
This paper has a context on systems of open urban spaces, focusing on social and environmental conservation and on the physical comfort provided to these spaces users, and it aims to elaborate an environmental assessment of two representative areas of São Luís city: COHAB-Anil I and Parque Atlântico. The methodological procedures adopted in this research, which is a product of a term paper, involved: (1) an understanding of eight physical comfort parameters in the contemporary city; (2) a qualitative exploration of both areas through photographic records, interviews with residents and passers-by, and through perceptions of researchers and interviewees about the parameters in the collective spaces; and (3) a graphic compilation of the information seized – through maps. As a conclusion, both areas require more permeable surface and greater afforestation in

collective spaces, which are fundamental conditions to balance the natural inherent-to-the-territory systems – e.g., hydrological cycle – and to favor pedestrian's physical comfort, regarded the hot and humid climatic conditions of São Luís. The environmental assessment of the areas corresponded to the city scenario, and provided a choice of guidelines for intervention aiming urban environmental quality, namely: attenuation of climatic parameters, balance of the local ecosystem and valorization of collective space through continue afforestation, surface's permeability and walkability.
Keywords: Physical comfort; Collective space; Ecosystem; Urban environmental quality.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o ecossistema nas grandes cidades motiva a realização de estudos que englobem conceitos de qualidade ambiental; aborda-se esta como uma medida qualitativa para o resultante da ocorrência de fenômenos naturais, inerentes ao território, e da forma como são manipulados pela intervenção humana (participação social) sobre o lócus edificado.
Nesse sentido, cabe à urbanização a função de moldar espaços – complexos em dimensão física e em relações sociais de troca – minimamente aprazíveis àqueles que o utilizam. O objeto de estudo deste trabalho é o espaço coletivo, tratado sob a ótica do conforto físico ambiental como medida de qualidade ambiental para as cidades e suas comunidades. O conforto físico é entendido como produto da influência de diversos parâmetros sobre o ambiente construído e que impactam diretamente as sensações experimentadas pelo usuário; no âmbito deste estudo, são considerados parâmetros de natureza ambiental – fundamentais à compreensão da realidade de São Luís – os principais atuantes sobre o equilíbrio e o bem estar do ecossistema urbano.
O espaço coletivo contemporâneo é lócus sócio ambiental urbano, peça chave para o desenvolvimento sustentável das cidades. A correta apropriação dos atributos inerentes ao território – ecossistema – contribuirá sobremaneira ao conforto físico e à qualidade ambiental, podendo fortalecer os laços entre espaços e pessoas na medida em que comunidades se utilizem daqueles para seu desenvolvimento social, econômico e ambiental urbano.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho consiste em elaborar o diagnóstico ambiental – pautado nos parâmetros de conforto físico abordados – de dois recortes territoriais representativos da realidade de São Luís: os conjuntos COHAB-Anil I e Parque Atlântico. O estudo possui como objetivos específicos (1) a compreensão dos parâmetros, no que se refere à sua aplicabilidade na cidade contemporânea, (2) a coleta de impressões dos usuários, relativas aos espaços coletivos dos recortes territoriais e (3) a sugestão de diretrizes de intervenção para aqueles espaços.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 ABORDAGEM DOS PARÂMETROS DE CONFORTO FÍSICO

A escolha dos oito parâmetros tratados neste estudo se deu pelo interesse em compreender o espaço coletivo urbano sob o viés da bioclimatologia; dessa maneira, aborda-se a relação indissociável entre cidade e natureza conforme Spirn (1995), e de que maneira a materialização formal dessa relação impacta a sensação de conforto físico dos usuários. Os parâmetros foram agrupados em climáticos (3.1.1), topográficos (3.1.2), paisagístico (3.1.3) e de mobilidade (3.1.4).

3.1.1 Radiação solar, Temperatura do ar, Umidade do ar e Ventilação

Os parâmetros climáticos abordados neste trabalho foram extensamente estudados por autores como Chandler (1976) e Romero (2013), os quais apresentam as física dos parâmetros climáticos e suas inter-relações, determinantes para a qualidade ambiental nas cidades.

Sendo São Luís uma ilha e estando situada a 2° na latitude sul, possui clima tropical equatorial quente úmido, o que aumenta o rigor climático em relação à sensação de calor, especialmente nos espaços coletivos urbanos, de maior suscetibilidade aos eventos meteorológicos.

Dentre os quatro parâmetros climáticos estudados, a radiação solar é fator global do clima e, portanto, determinante para a caracterização desse; a temperatura e a umidade do ar são mensurações que refletem a quantidade de calor e de vapor d'água sentidos; e a ventilação será o parâmetro climático que terá o potencial de reduzir o desconforto térmico do usuário.

3.1.2 Relevo e Permeabilidade das superfícies

Os parâmetros topográficos em questão são o relevo e a permeabilidade das superfícies; o primeiro está diretamente relacionado à formação geológica e às características físicas dos solos, enquanto que o segundo é um atributo dos revestimentos que cobrem esses solos. Neste estudo, Romero (2013), Mascaró (2005), Spirn (1995) e Farr (2013) são autores que se destacam devido à ênfase nas propriedades dos solos urbanos que refletem nas condições de estabilidade, permeabilidade e interferência sobre o clima e os microclimas.

As principais interfaces abordadas para esses parâmetros são: (1) a geomorfologia e suas implicações ao clima nas diversas escalas de percepção; e (2) as características dos revestimentos encontrados na trama urbana, suas propriedades térmicas e refletivas, suas relações com os ciclos hidrológico e biológico (permissividade à infiltração e à vida). A observância de cada ponto citado enriquecerá a construção do diagnóstico ambiental.

3.1.3 Arborização

A arborização como parâmetro paisagístico da qualidade ambiental urbana é de extrema importância; seus benefícios para o equilíbrio do ecossistema, para a saúde dos espaços públicos e para a amenização dos microclimas são evidentes. Foi amplamente abordada por Spirn (1995) sob o conceito de ciclo biológico (vida) nas cidades, e introduzida no meio urbano ao longo do trabalho de Frederick Law Olmsted (1822-1903) em parques e alamedas, segundo Franco (2008).

A arborização apresenta relação direta com a maioria dos parâmetros de conforto físico deste estudo, o que a torna peça chave no diagnóstico ambiental: interage com os solos e com as águas no processo intrínseco da manutenção da vida, e é capaz de apaziguar os efeitos dos parâmetros climáticos pela sua morfologia e metabolismo.

3.1.4 Mobilidade

No âmbito deste trabalho, o parâmetro da mobilidade não possui relação direta e aparente com a condição de conforto físico. Logo, buscou-se explorar a interface do impacto ambiental causado pela dinâmica atual dos transportes e locomoções no meio urbano, com ênfase nas modalidades mais corriqueiras de deslocamento: automóveis (particulares e coletivos), bicicletas e modo a pé.

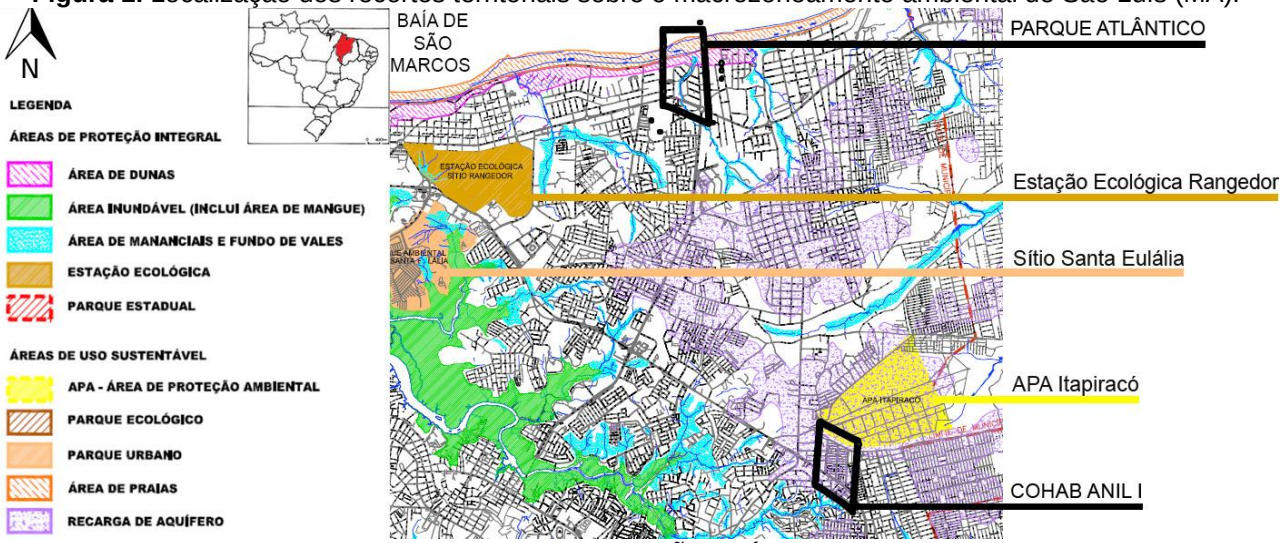
3.2 EXPLORAÇÃO DOS RECORTES TERRITORIAIS

3.2.1 Caracterização territorial ambiental

A seleção dos recortes para estudo e diagnóstico ambiental se deu, primordialmente, em função da presença de alguns atributos ambientais significativos a este trabalho. Também se buscou o

antagonismo entre os dois recortes, em pelo menos dois aspectos: perfil sócio econômico e desenho urbano, este sendo um reflexo daquele.
O conjunto COHAB-Anil I é um habitacional popular que está situado sobre uma área de recarga de aquífero e possui uma Área de Proteção Ambiental (APA) nas suas proximidades – a APA Itapiracó. No mais, carrega consigo uma dinâmica sócio espacial característica de uma centralidade: boa diversidade de uso do solo e grande quantidade de fluxos que, juntamente à presença de espaços coletivos em diferentes escalas, proporcionam uma interessante análise sobre a qualidade ambiental urbana.
Já o conjunto Parque Atlântico é um loteamento classe média-alta; os elementos ambientais potenciais para estudo são as Áreas de Proteção Permanente (APPs), referentes ao leito do rio Pimenta – rio perene urbano que está inserido no recorte territorial – e ao domínio de restinga que margeia a praia e a foz do rio. A proximidade ao litoral também é um fator a se considerar, visto que é uma importante entrada de ventilação para o território da cidade. Tais assertivas estão representadas na figura 1.

Figura 1. Localização dos recortes territoriais sobre o macrozoneamento ambiental de São Luís (MA).



Fonte: Adaptado de SÃO LUÍS (2006).

3.2.2 Reconhecimento in loco

Uma vez determinados os recortes territoriais, partiu-se para a atividade de campo; ao longo de um mês, foram feitas duas visitas por semana – uma manhã e uma tarde – a cada recorte. Na primeira semana, explorou-se toda a extensão das áreas em estudo a pé, registraram-se os usos e os padrões de ocupação, e fez-se um acervo fotográfico (ver exemplos na figura 2) com enfoque nos espaços coletivos – ruas, calçadas, praças etc. – e APP's, quando pertinente.

Figura 2. Exemplo de acervo fotográfico.



À direita, conjunto COHAB-Anil I; à esquerda, conjunto Parque Atlântico.

3.2.3 Percepção sensorial do ambiente

A partir da segunda semana de atividade de campo, buscou-se visualizar *in loco* o comportamento dos parâmetros de conforto físico estudados, bem como seus efeitos nos espaços coletivos. É importante frisar que, devido à ausência de recursos e instrumentos de precisão, em se tratando de um trabalho de conclusão de curso, a apreensão dos parâmetros se deu de forma subjetiva, relativizada em escalas de maior ou menor intensidade.

Foram selecionados dez pontos de fixação em cada recorte; os pontos devem estar localizados o mais distante quanto for possível entre si, cobrindo a maior área territorial coletiva, e podem ser determinados de maneira a investigar regiões que despertem maior interesse – maior ou menor potencial de conforto, por exemplo. Foram feitos, no mínimo, dois turnos de percepção sensorial (uma manhã e uma tarde) para cada recorte, e, em cada turno, permaneceu-se de quinze a vinte minutos em cada um dos dez pontos. Tomou-se notas sobre a percepção subjetiva de temperatura do ar, temperatura de superfícies, umidade do ar, ventilação e condição de luminosidade/ofuscamento; observou-se a qualidade dos revestimentos circundantes, a presença ou ausência de arborização e a dinâmica dos fluxos. Tais notas resultarão na compilação gráfica para o diagnóstico (ver item 3.3).

3.2.4 Entrevistas com os usuários

Dando prosseguimento à atividade de campo, a terceira e quarta semanas de visita às áreas de estudo foram destinadas principalmente à interação com os usuários – moradores, trabalhadores e/ou transeuntes – encontrados, dos quais se buscou a opinião acerca dos espaços coletivos quanto à usabilidade, e em especial quanto à percepção de conforto físico que possuem, com base nos oito parâmetros propostos neste estudo. Em casos específicos, foi necessário estender o diálogo a outros tópicos, tais como sensação de segurança, união da comunidade etc., com a intenção de entender as sensações dos usuários perante os espaços coletivos em questão.

3.3 COMPILAÇÃO GRÁFICA PARA DIAGNÓSTICO

A base cartográfica de desenho urbano utilizada neste trabalho proveio de um arquivo do software AutoCAD (AEROCONSULT, 2002). O mapa de desenho urbano foi base para a elaboração dos demais, por meio das informações obtidas do trabalho de campo. O uso e a ocupação (gabarito) do solo foram representados em dois mapas diferentes, com a identificação dessas características para cada lote, e se prestaram ao entendimento da dinâmica urbana presente nos recortes.

A topografia também está representada na base cartográfica, e seu conteúdo serviu à elaboração dos mapas de declividade e drenagem; esta interface é importante para a visualização da condição de usabilidade do solo e das possibilidades de gestão de águas pluviais (condição fundamental para análise ambiental em locais de elevada pluviosidade com São Luís). O mapa de permeabilidade do solo foi elaborado com base nas observações de campo, em relação à característica dos revestimentos ou à ausência destes. Aqui, deve-se interpretar a área permeável em relação à área total para se construir o panorama ambiental do território quanto àquele critério.
O parâmetro da arborização foi representado em um mapa de cobertura vegetal; foram mapeados os tipos de vegetações com base nas APP's e as árvores saudáveis presentes tanto em lotes quanto em espaços coletivos urbanos. A maior quantidade de árvores, especialmente nos espaços coletivos, é um importante indicativo de qualidade ambiental por todos os benefícios que trazem consigo: equilíbrio ambiental (manutenção e fortalecimento dos ciclos biológicos), sombreamento e enriquecimento da paisagem.
O mapa de fluxos reflete o que foi estudado para o parâmetro da mobilidade; representa a intensidade dos principais modos de deslocamento verificados no interior dos recortes – automóvel, bicicleta e modo a pé –, bem como os sentidos convencionados para as vias. A interpretação desse mapa pode fornecer conclusões a respeito do uso e apropriação do espaço coletivo pelos pedestres, por se aproximar da escala humana no urbano.
Os conceitos derivados do parâmetro da radiação solar foram observados nos pontos de fixação de cada recorte. Atribuiu-se uma escala de percepção da luminosidade, na qual o predomínio de sombreamento representa um cenário mais próximo do conforto visual, e o predomínio de radiação recebida sem proteção e/ou refletida em excesso pelo meio se aproxima do desconforto visual. Está diretamente relacionada à arborização e às características das superfícies locais.
Diante do enfoque bioclimático, a representação gráfica síntese do diagnóstico ambiental é um produto das sobreposições das representações citadas anteriormente, acrescido da percepção de ventilação adquirida ao longo da atividade de campo; a ventilação foi classificada de acordo com a sensação subjetiva de intensidade e constância dos ventos locais. A percepção do microclima, para cada recorte, é dada em uma escala de intensidade que vai do desconforto físico ao conforto físico; possuem impacto direto nessa representação, além da ventilação, a cobertura vegetal e o comportamento da radiação por entre a trama urbana. O panorama do ecossistema, por sua vez, é dado para todo o recorte, embasando-se diretamente no macrozoneamento ambiental, nos diagnósticos de permeabilidade do solo e cobertura vegetal.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COBERTURA VEGETAL

O diagnóstico de cobertura vegetal apresentou diferenças significativas entre ambos os recortes (ver figura 3). Quanto às características macro ambientais, alteradas em parte pela condição da urbanização, pode-se afirmar que o Parque Atlântico (considerado de classe alta) possui vegetação em áreas de proteção permanente pouco tocadas – caso das dunas e restingas de relevo mais acidentado; em contrapartida, o ecossistema referente às margens do rio Pimenta sofre com as mazelas comuns à maioria dos rios urbanos: despejo de dejetos e lixo no curso e adjacências.
O recorte do COHAB-Anil não abrange APP's, e teve todo o seu solo loteado (loteamento popular), incluindo-se logradouros públicos referidos como "praças" pelos moradores. Esses espaços, bem como algumas avenidas, receberam os esforços de cuidado de alguns habitantes, os quais ali plantaram árvores e cultivaram canteiros. Como resultado, tem-se um espaço coletivo bem

arborizado em determinados trechos; tal situação não é observada no Parque Atlântico, o qual carece de espaços coletivos de lazer e de arborização nesses.
Uma diferença marcante entre ambos é a relação entre árvores em espaços coletivos e em áreas particulares: No COHAB-Anil, os pequenos lotes não comportam o plantio, enquanto que no Parque Atlântico se observou em alguns terrenos grande diversidade e quantidade de espécies vegetais – o que, inclusive, contribui para a manutenção do ecossistema do rio. Apesar de o Parque Atlântico possuir ruas e passeios mais generosos, se observa pouquíssima arborização ali; já o COHAB-Anil, com sua modesta estrutura, possui canteiros centrais de avenidas com boa arborização em alguns trechos, além das já citadas pracinhas. Tal panorama confirmou a impressão tida quanto ao tratamento e a importância do espaço coletivo, os quais diferem em ambos os recortes.

Figura 3. Mapas de cobertura vegetal.



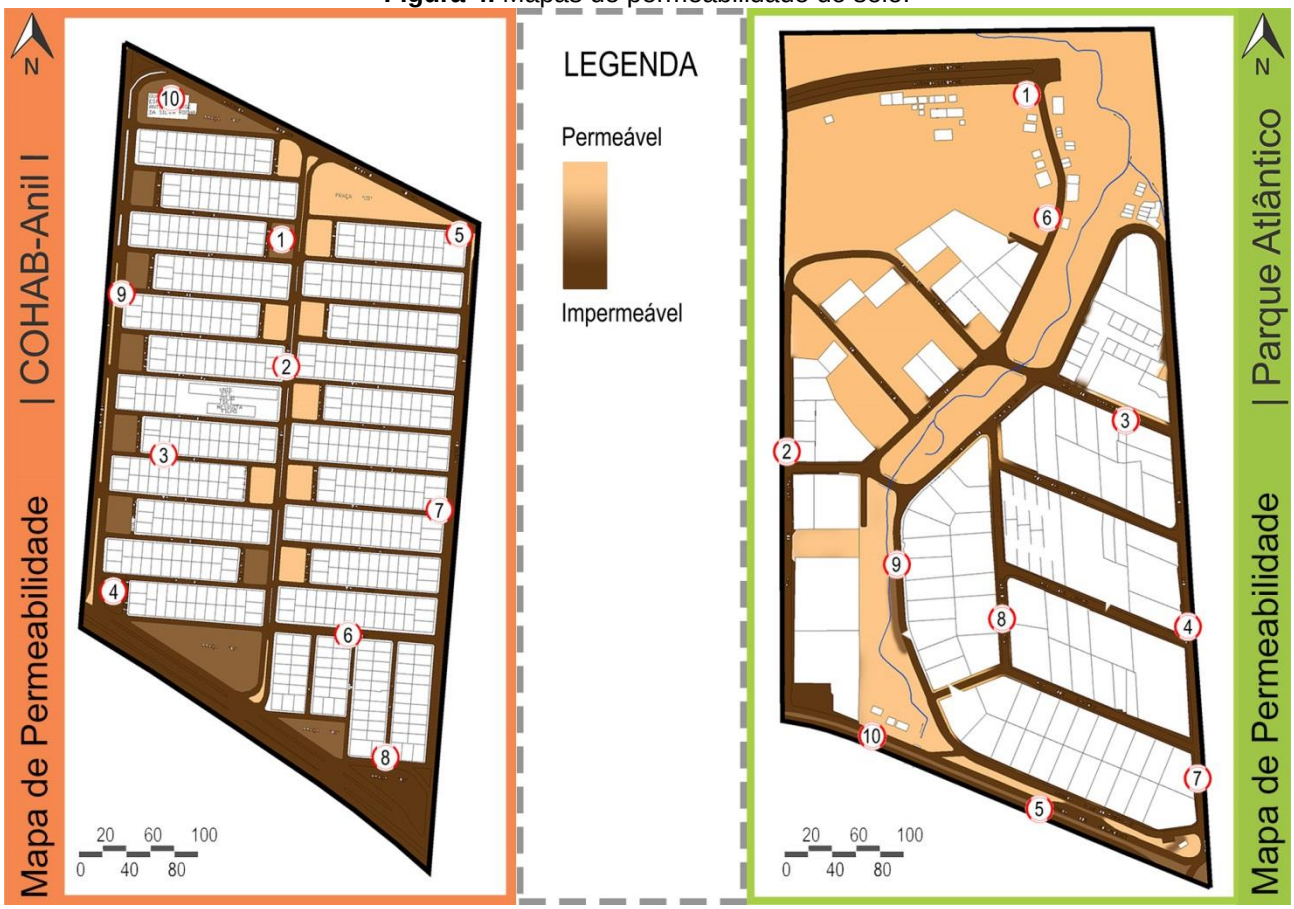
Fonte: Adaptado de AEROCONSULT (2002).

4.2 PERMEABILIDADE DO SOLO

O diagnóstico de permeabilidade do solo considerou não apenas a área relativa aos espaços coletivos, mas a superfície dos recortes como um todo, de modo a avaliar mais pertinentemente a qualidade ambiental – saúde do ecossistema – na cidade, tomando como referência os recortes aqui estudados. Os resultados estão representados na figura 4.

O maior destaque é o COHAB-Anil, por se situar em uma importante área de uso sustentável, a de recarga de aquífero; fundamentais ao equilíbrio ambiental do território, pela relação com os ciclos hidrológico e biológico, essas áreas merecem atenção especial quanto ao manejo do solo.
O cenário não é animador, tendo em vista que grande parte dos espaços coletivos nesse conjunto possui solo impermeável. Ao estender a análise aos lotes, há piora devido à própria característica da ocupação, independente dos usos do solo: praticamente todos os lotes possuem 100% do solo impermeabilizado; em consequência, a área e seu entorno apresentam problemas de drenagem de águas pluviais durante a estação chuvosa. Para o Parque Atlântico, o mesmo pode ser dito a respeito dos espaços coletivos; no entanto, o recorte como um todo equaliza essa relação, por conta da permeabilidade nas APP's e nos lotes residenciais mais generosos.

Figura 4. Mapas de permeabilidade do solo.



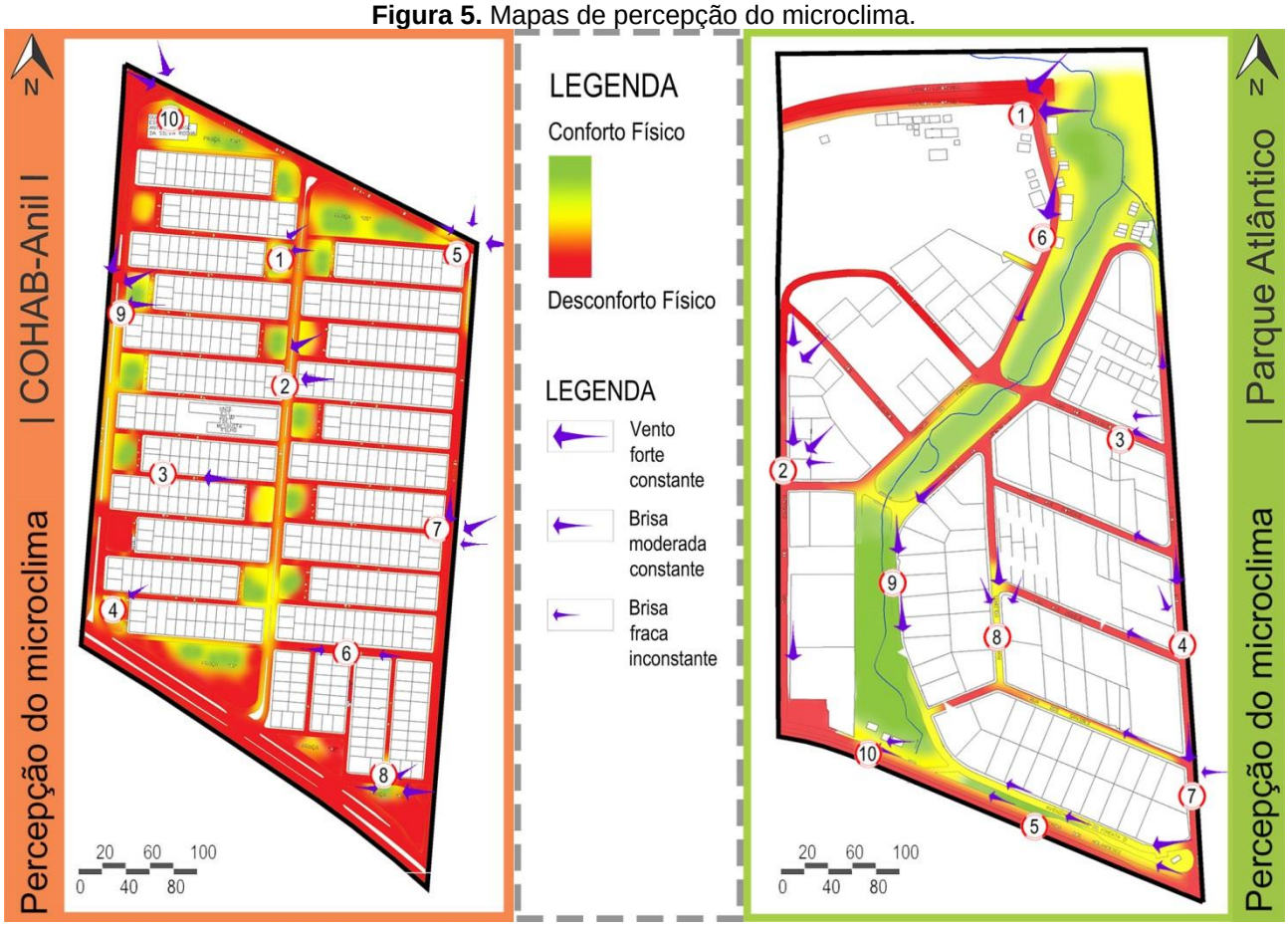
Fonte: Adaptado de AEROCONSULT (2002).

4.3 PERCEPÇÃO DO MICROCLIMA

Até aqui, foram eleitas e explanadas as duas representações mais significativas à condição de conforto físico – arborização – e ao equilíbrio ambiental – permeabilidade – para os recortes abordados; no entanto, todos os estudos e suas respectivas representações (apresentadas no item 3.3) foram utilizados na análise síntese de espaços coletivos quanto à percepção do microclima, o qual melhor representa a condição de conforto físico no âmbito deste trabalho.

Ambos os recortes se mostraram heterogêneos quanto à localização das áreas de conforto/desconforto, havendo descontinuidade da condição de conforto nos trajetos (ver figura 5). No COHAB-Anil, as pracinhas são os espaços coletivos mais aprazíveis, uma vez que reúnem sombra e ventilação constantes (pontos 1 e 9); em oposição, nas vias internas (pontos 3 e 6) e nas avenidas externas (pontos 4, 5 e 10) houve maior desconforto por excessiva radiação direta e refletida pelas superfícies, situações nas quais nem a ventilação pôde atenuar tal sensação.
No Parque Atlântico, os únicos trechos que ofereceram possibilidade de conforto foram os arborizados da avenida auxiliar (ponto 5) e da margem do rio Pimenta (ponto 9); os demais se apresentaram incômodos pelas mesmas razões elencadas para o COHAB-Anil.

Figura 5. Mapas de percepção do microclima.



Fonte: Adaptado de AEROCONSULT (2002).

5. CONCLUSÃO

Como conclusões deste trabalho, destacam-se a importância do espaço coletivo e de sua usabilidade para a cidade e para seus habitantes, e a representatividade dos recortes eleitos em relação ao contexto ambiental de São Luís, apresentando potencialidades e fragilidades que devem ser administradas em favor do conforto físico visando à qualidade ambiental urbana e ao desenvolvimento sustentável em longo prazo.

O COHAB-Anil I foi o recorte que apresentou maior apropriação do espaço coletivo. Possui potencial paisagístico oriundo de um esforço de seus moradores, mas preocupa como recarga de aquífero, comprometendo em longo prazo a saúde dos solos, das águas e da vida. O Parque Atlântico é um lócus privilegiado com relação às APP's, o que também representa a necessidade de maior cuidado em seu manejo, tendo em vista sua suscetibilidade à ocupação urbana, exemplificada pela situação do rio Pimenta; no entanto, não foram encontrados usuários interagindo nos espaços coletivos, e tampouco estes se mostraram acolhedores do ponto de vista do conforto físico e da sensação de segurança da comunidade. Concluiu-se que a relação usuário – espaço coletivo é muito mais evidente no COHAB-Anil, mas poderia ser ainda maior.
Sob a ótica do conforto físico, o ponto crucial é a carência de arborização contínua, tendo em vista o clima local; some-se a isso a impermeabilização excessiva das superfícies (especialmente no COHAB-Anil), o que preocupa quanto ao equilíbrio do ecossistema. Do ponto de vista da comunidade, o descaso em relação às condições mínimas operáveis do modo de deslocamento a pé – insegurança, desconforto ambiental etc. – é peça chave para que se entenda o enfraquecimento do espaço coletivo como lócus social, verificado e relatado pelos moradores. Portanto, medidas que favoreçam o conforto físico nesses espaços podem ter sua parcela significativa de contribuição no fortalecimento dos laços sociais, além dos evidentes ganhos ambientais. Nesse sentido, futuras ideias de intervenção com vistas à melhoria da qualidade ambiental e à contribuição para o desenvolvimento de comunidades mais beneficiadas, ativas e participativas da dinâmica urbana girariam em torno do incremento da arborização (manutenção da natureza na cidade), da prioridade por mais espaços permeáveis e do incentivo à escala humana nos espaços coletivos da urbe contemporânea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEROCONSULT (2002). Levantamento Aerofotogramétrico do município de São Luís. Levantamento em arquivo AUTOCAD.

CHANDLER, T. J. (1976). ***Urban climatology and its relevance to urban design***. Geneva: WMO nº 438. Technical Note nº 149. 1976. Não paginado.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Desenho Ambiental: uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico / Maria de Assunção Ribeiro Franco – 2ª Edição – São Paulo: Annablume: Fapesp, 2008.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2013. 128p.

SÃO LUÍS. Lei nº 4.669 de 11 de outubro de 2006. Dispõe sobre o plano diretor do município de São Luís e dá outras providências. Disponível em: <http://www.gepfs.ufma.br/legurb/LEI%204669.pdf>. Acesso em: 27 set. 2015.

SPIRN, Anne Whiston, 1947 – O Jardim de Granito: A Natureza no Desenho da Cidade / Anne SPIRN Spirn; tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995. (Ponta; 11).

487. ESTUDO DO IMPACTO DA VERTICALIZAÇÃO EM MICROCLIMAS URBANOS NA CIDADE DE ARAPIRACA-AL

BRANDÃO, Luana Karla de Vasconcelos[1](luana.arquiteta@outlook.com); BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues[2] (rvictor@arapiraca.ufal.br)*
[1]Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Brasil
[2] Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Brasil

**Luana Karla de Vasconcelos Brandão*

RESUMO
Desde o início do processo de urbanização, notou-se uma considerável diferença da temperatura do ar, ao comparar dados climáticos do meio urbano e do meio rural. A partir disso, a cidade se tornou alvo de inúmeros estudos com o advento da Climatologia Urbana, ciência que estuda essa problemática. O presente artigo visa contribuir para o conhecimento do impacto da verticalização em microclimas urbanos, especificamente, na cidade de Arapiraca-AL. Partindo dessa premissa, foi essencial para a pesquisa a revisão bibliográfica sobre o tema; o levantamento das características geourbanas que interferem no microclima local, como: densidade construtiva, cobertura do solo, presença de espaço verde, etc. Assim, foi possível, selecionar duas frações urbanas com tipologias espaciais diferentes, mas com tendência a se verticalizar. A primeira está no perímetro urbano que corresponde a Avenida Deputada Ceci Cunha e a segunda, no perímetro urbano próximo do Arapiraca Garden Shopping. Os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa visaram à análise do clima em escala microclimática, e isto foi possível com o auxílio do *software* ENVI-Met 4.0, um programa alemão que realiza simulações computacionais a partir dos dados climáticos nele inseridos. E vinculado ao ENVI-met 4.0 há também o programa Leonardo 2014, por ele foi possível gerar os gráficos com os valores de temperatura potencial máxima e mínima, direção e velocidade dos fluxos de ar. A partir disso, foi possível fazer uma análise do impacto da verticalização no microclima do município de Arapiraca-AL, e indicar alguns parâmetros construtivos, tendo em vista que seu Código de Obras em não disserta sobre o tema, deixando essa importante questão nas mãos da especulação imobiliária local. Contudo, é indispensável a quantificação dos parâmetros urbanísticos, a sua revisão e refinamento para o alcance de um Urbanismo Sustentável, como forma de garantir, também, boas condições de conforto térmico nos ambientes internos das edificações urbanas.
Palavras-chave: Climatologia Urbana. Microclima. Verticalização.

STUDY OF THE IMPACT OF VERTICALIZATION IN URBAN MICROCLIMAS IN THE CITY OF ARAPIRACA-AL

ABSTRACT
Since the beginning of the urbanization process, there has been a considerable difference in air temperature when comparing climatic data from urban and rural areas. From this, the city became the target of numerous studies with the advent of Urban Climatology, a science that studies this problem. The present article aims to contribute to the knowledge of the impact of verticalization in urban microclimates, specifically, in the city of Arapiraca-AL. Starting from this premise, it was essential for the research the bibliographic review on the subject; The survey of the geological characteristics that interfere in the local microclimate, such as: constructive density, soil cover,

presence of green space, etc. Thus, it was possible to select two urban fractions with different spatial typologies, but tending to be vertical. The first one is in the urban perimeter that corresponds to Avenida Ceci Cunha and the second, in the urban perimeter near Arapiraca Garden Shopping. The methodological procedures adopted in the research were aimed at climate analysis on a microclimatic scale, and this was possible with the help of ENVI-Met 4.0 software, a German program that performs computational simulations based on climatic data. And linked to ENVI-met 4.0 there is also the program Leonardo 2014, it was possible to generate the graphs with the values of maximum and minimum potential temperature, direction and velocity of airflows. From this, it was possible to make an analysis of the impact of verticalization in the microclimate of the municipality of Arapiraca-AL, and to indicate some constructive parameters, considering that its Code of Works does not lecture on the subject, leaving this important issue in the hands of Real estate speculation. However, it is indispensable to quantify the urban parameters, their revision and refinement to achieve Sustainable Urbanism, as a way to also guarantee good conditions of thermal comfort in the internal environments of urban buildings.
Keywords: Urban Climatology. Microclimate. Verticalization.

1. INTRODUÇÃO

Oke (1996) afirmou que Clima urbano é o resultado da modificação substancial das feições climáticas locais pelas condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela morfologia e geometria do tecido urbano, pela permeabilidade ou propriedades termodinâmicas dos materiais das superfícies, pelo aumento do fluxo de automóveis, entre outros, provocando alterações no balanço energético local. E Oliveira (1988) classificou essas ações antrópicas como características da forma urbana que atuam como condicionantes climáticos, estes são: Rugosidade e porosidade, Densidade de Construção, Ocupação do solo, Orientação, Permeabilidade superficial do solo urbano, Propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes da estrutura urbana, Tamanho da estrutura urbana (em extensão horizontal e altura), e as Áreas Verdes.

Assim, com o intuito de melhorar o conforto térmico e, por consequência, a qualidade de vida no meio citadino é necessário salientar a importância do estudo da morfologia urbana, que trata, conforme Franco (2010), da busca por um crescimento e desenvolvimento urbano que proporcione a geração de riqueza, qualidade de vida e ambiental para seus atuais e futuros habitantes. E reconhecendo a verticalização como um processo tendencial dos centros urbanos, o edifício alto passa a ter significativo papel na insustentabilidade do espaço, e ao mesmo tempo, se configura como um importante ponto estratégico de intervenção para se alcançar o desdobramento de espaços mais sustentáveis (BARNABÉ, 2009). O objetivo em questão só será almejado a partir de um estudo sobre a compatibilidade entre verticalização, alta densidade ocupacional e manutenção da ventilação no meio urbano.

2. OBJETIVO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar o impacto da verticalização em microclimas urbanos, tomando como objeto de estudo a cidade de Arapiraca – AL. A partir da seleção de unidades amostrais urbanas, sendo áreas com tendência à maior adensamento, com fito de analisar o impacto da verticalização na modificação das condições iniciais do clima local; para análise em escala de abordagem microclimática. Apresentando resultados de uma análise climática em parâmetros urbanísticos, para o alcance da adequação ambiental de espaços construídos, com intuito de oferecer boas condições de conforto térmico para os habitantes do município.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia adotada está baseada fundamentalmente na análise qualitativa, através de procedimentos metodológicos descritos por Oliveira (1988); e na análise quantitativa, na forma de medições de dados microclimáticos e estudos paramétricos reproduzindo as condições climáticas do cenário atual da fração urbana escolhida, como também de cenários futuros da mesma, considerando-se as prescrições urbanísticas para a área, através do programa ENVI-met (BRUSE, 2015). O ENVI-met trabalha juntamente com uma interface denominada Leonardo (BRUSE 2015), que tem a função de permitir uma visualização gráfica para a modelagem dos resultados, possibilitando a geração de mapas para cada parâmetro simulado. Para o presente estudo foi seguida as seguintes etapas: Levantamento de dados climáticos de Arapiraca para caracterização das condições climáticas; Seleção de tipologias espaciais urbanas; Calibração do modelo ENVI met ® (BRUSE, 2015) para condições climáticas locais representativas de um período de verão; e Realização das simulações computacionais e análise dos resultados.

A cidade de Arapiraca está localizada no estado de Alagoas, na mesorregião do agreste. O município apresenta uma área de 356,179km², densidade demográfica de 600,84hab/km² e 214.006 habitantes (IBGE, 2010). E sua localização está inserida nas coordenadas geográficas 9º75'25"de latitude Sul e 36º60'11" de longitude Oeste, distante 132Km da capital do estado, Maceió.

Figura 1: Cidade de Arapiraca/AL



FONTE: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alagoas_Municip_Arapiraca

Estudos para a caracterização do perfil climático de Arapiraca estão sendo desenvolvidos desde 2009; com o advento da implantação, em 2008, da estação Arapiraca A353 do Instituto Nacional de Meteorologia, a qual tem subsidiado pesquisas para compreensão do clima local. Segundo a Agenda 21 (2008) do município, Arapiraca vive hoje um momento de grande investimento na urbanização, com intensas obras de importância para a cidade, seja pela criação de áreas verdes, parques, pavimentação e investimentos em infra-estrutura e serviços urbanos. Tendo em vista este crescimento, é importante estudar o processo da verticalização no microclima local, e principalmente auxiliar os órgãos públicos gestores desse assunto para determinar parâmetros construtivos que norteiem arquitetos urbanistas e engenheiros civis no processo de elaboração do projeto arquitetônico, respeitando todas as questões climáticas.

A partir desse pressuposto, selecionaram-se duas tipologias espaciais da cidade que já demonstram certa tendência a se verticalizar. Essa escolha foi feita junto com um profissional da área imobiliária, um corretor imobiliário, mais especificamente a corretora Luciane Nunes Lopes (CRECI 3158), que indicou: o perímetro que configura a Avenida Deputada Ceci Cunha, uma área valorizada na cidade, cujos bairros que se agregam a ela são: Alto do Cruzeiro, Brasília, Itapoã e Novo Horizonte; e o perímetro onde está localizado o Arapiraca Garden Shopping, por apresentar outros pontos

importantes, como: o fácil acesso ao Centro da cidade e a proximidade da AL-115 e AL-220, estando essa área nos bairros Caititus e Santa Esmeralda.

Figura 1: Á esquerda o perímetro urbano que configura a Av Dep Ceci Cunha e à direita o perímetro urbano onde estpa localizado o Arapiraca Garden Shopping



FONTE: Google Maps

Todas as simulações foram realizadas com o freeware ENVI-met versão 4.0. E para a calibração do modelo ENVI met de acordo com as condições climáticas locais, os seguintes procedimentos foram adotados:

Quadro 1. Resumo dos dados de entrada adotados no processo de simulação com o modelo ENVI-met 4.0

CLIMA	Dia da Simulação	01.12.2014	SIMULAÇÃO	Temperatura atmosférica inicial (K)	295
	Local	Arapiraca-AL, Brasil		Umidade relativa média (2m)	72
		Latitude: - 9°75'25"		Velocidade do vento à 10m (m/s)	3
				Direção do vento	LESTE 135
		Longitude: -36°60'11"		Rugosidade	0,1
				Hora início da simulação[1]	21:00
				Umidade específica do ar a 2500m (g/kg)[2]	8.53
				Temperatura Mínima (às 6am) / Máxima (às 3pm) - (K)	294.4/ 306.1
				Umidade Mínima (às 3pm)/ Máxima (às 6am)	40/ 94

1 A inicialização do modelo pressupõe condições de atmosfera neutra (do ponto de vista da estabilidade estática), onde a temperatura potencial pode ser considerada constante ao longo da altura da camada de mistura atmosférica. Por isso, foi adotado o horário de 21:00h para simulação.

2 Obtida a partir do site do dep. Ciências Atmosféricas da Universidade de Wyoming. Corresponde aos dados coletados em região mais próxima de Arapiraca-AL, obtidos em Recife-PE (82900). http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html.

Os experimentos de simulação foram fundamentados na caracterização dos espaços externos e edificações das tipologias espaciais selecionadas. O ENVI-met 4.0, versão do software utilizada nessa pesquisa, possibilitou as simulações na seguinte versão de grid: 250x250x30, esses correspondem a largura (x), comprimento (y) altura (z) do modelo em número de grids. São definidos em cada grid, o tipo de revestimento de solo, o tipo de vegetação (quando existente), a altura da edificação (quando existente).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para análise dos resultados deste estudo foi preciso destacar alguns com relação a verticalização do objeto de estudo, Arapiraca-AL. Como afirmou Duarte (2003), nos últimos anos, muitas cidades são vistas como símbolos da crise ambiental. A firmação se justifica nos inúmeros problemas ambientais encontrados no ambiente citadino, como: excesso de ruído, emissão de poluentes no ar e na água, escassez de recursos energéticos e de água, falta de tratamento adequado dos resíduos, alterações nos regimes de chuva e de ventos, formação de ilhas de calor, inversão térmica, aumento do consumo de energia para condicionamento artificial e transporte, etc. E Arapiraca não está distante deste cenário, hoje, já é possível observar em alguns bairros, como o Centro, os efeitos das ilhas de calor e tantos outros citados acima.

Visando o processo de Verticalização do município é preciso observar alguns pontos, em particular, como: áreas de canyon (definido pelo paralelismo dos edifícios), que tem influência na ventilação urbana, conforme suas paredes representam barreiras que impedem a livre circulação do ar, funcionando como um canalizador destas correntes e, ao mesmo tempo, concentrando a poluição nas áreas centrais; o fator H/W, uma relação da altura H sobre a largura W do canyon, que para Romero (2011), a geometria urbana (W/H - relação entre largura das vias e a altura dos edifícios) é fundamental no controle da ilha de calor, por ter influência no processo de absorção da radiação solar e da radiação de ondas longas emitida pelas superfícies dos edifícios e do solo, na redução das perdas de calor, devido aos ventos e na produção antropogênica de calor; e o fator de visão do céu (FVC), através dele pode-se saber quanto de calor poderá ser dissipado nos períodos noturnos, por meio de trocas de radiação com o ambiente construído.

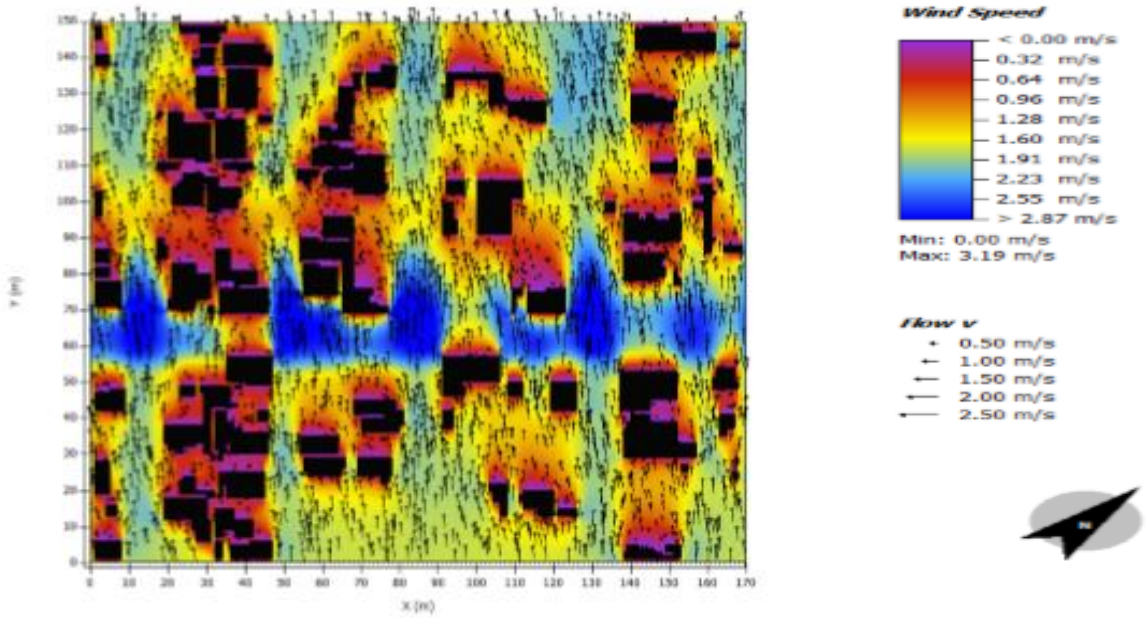
A partir disso foi analisado o processo de verticalização em Arapiraca, tendo em vista os parâmetros construtivos, atualmente, vigentes e com intuito de oferecer novos, a fim de proporcionar um microclima mais confortável, consciente de que as principais diretrizes para a adequação climática de assentamentos construtivos urbanos, temos: ventilação, inércia térmica e resfriamento evaporativo. Assim, os habitantes do município poderão usufruir de uma qualidade de vida melhor.

Sobre o as áreas de canyon é preciso ter cuidado, pois o edifício torna-se uma barreira a ser vencida pela corrente de ar, e o espaço percorrido para que sua forma de deslocamento deixe de ser lamelar, para ser turbilhonar é duas vezes o tamanho da edificação em questão. E, tendo em vista os recuos solicitados pelo Código de Obras na Cidade que é de 1,0m, para recuos laterais quando com abertura, 3,0m, para recuo frontal e 1,5m, para recuo posterior; fica claro que essas distancias são insuficientes tanto para edificações térreas quanto para edificações verticalizadas. Ou seja, os parâmetros previstos pela atual gestão da administração pública necessita urgentemente revisar os valores que estabelecem para a construção civil.

Para tratar do fator H/W é preciso saber que nas proporções W="H," W="2H" e W="3H, a absorção de calor se dá próxima ao nível do solo, existindo uma menor possibilidade de inversão térmica, ou seja, a temperatura no interior dos edifícios tende a ser igual à da parte exterior, assim, essas são as melhores proporções a serem tomadas. No perímetro que configura a Av. Dep. Ceci Cunha as vias são mais largas, entre 15m (a Av. principal) e 9m (ruas adjacentes). Isso proporciona que a

verticalização nesta fração espacial da cidade possa ter até 15 (quinze) pavimentos, sem provocar graves danos ao microclima local.

Figura 2. Resultado da simulação da velocidade e direção dos ventos da primeira tipologia espacial (Av Deputada Ceci Cunha), para uma condição de verão, às 15h

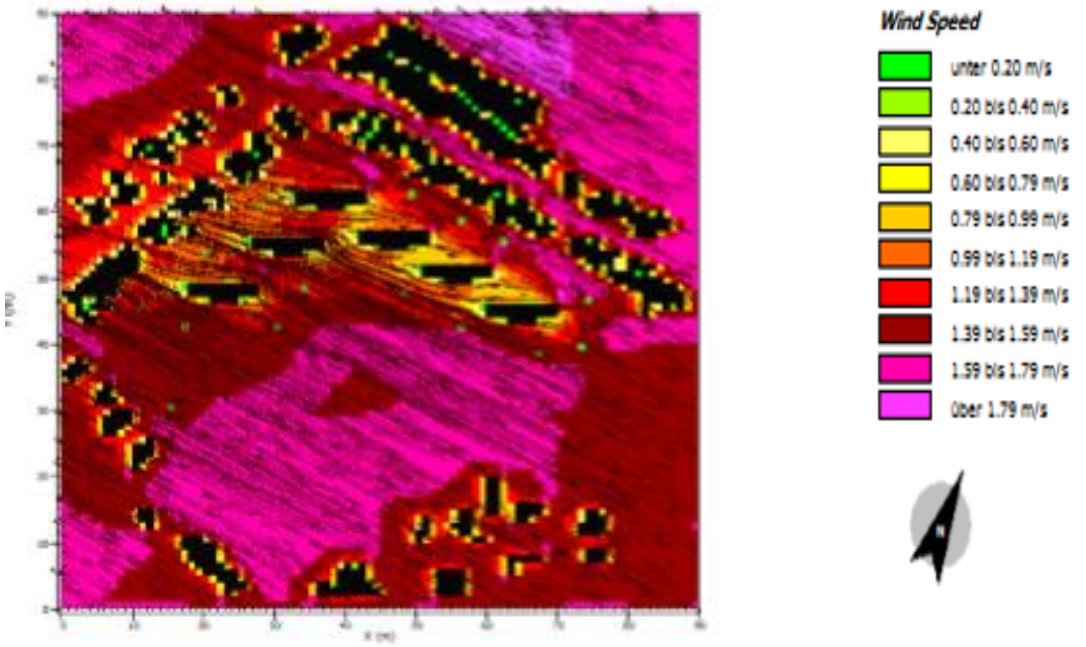


Na Figura acima, é possível o presente padrão construtivo na primeira tipologia espacial selecionada para a presente pesquisa, o perímetro equivalente a Avenida Deputada Ceci Cunha. Através da figura, nota-se os grandes recuos entre as edificações, um ponto positivo para a ventilação; como também a presença da Área Verde, um espaço com diversas plantas; por último, próximo da Área Verde há vias *cul-de sac* não asfaltadas, cujo valor do albedo é maior, sendo favorável para a reflexão da radiação solar, o contrário do que acontece nas ruas pavimentadas, que apresenta uma taxa de albedo menor que contribui para a absorção da radiação solar.

E analisando o mapa gerado pela ferramenta Leonardo 2015, simulados em corte a 1,4m do solo, é possível observar que a presença de recuos entre as edificações térreas possibilitou que não houvesse considerável redução na velocidade do vento.

Já na outra tipologia espacial, as ruas apresentam dimensões menores, cerca de 8m. Esse dado, não oferece a possibilidade de edifícios verticalizados com mais de 08 (oito) pavimentos, e isso está muitos distantes das 6 (seis) torres com 17 (dezessete) pavimentos por torre situadas no Residencial Espace.

Figura 3. Resultado da simulação da velocidade e direção dos ventos da segunda tipologia espacial (Residencial Espace Arapiraca-AL), para uma condição de verão, às 15h



A figura acima fornecida pela simulação computacional do software ENVI-met evidencia tudo já colocado teoricamente. Os recuos existentes entre os 03 (três) últimos prédios (da esquerda para a direita) foram insuficientes para vencer a sombra de vento provocada. Além disso, as residências próximas ao Residencial também sofreram com a menor velocidade do vento e a sombra de vento provocada pelos prédios de, aproximadamente, 18m de altura.

Outros agravantes na situação da questão da ventilação na segunda tipologia são: a morfologia construtiva das casas, com o padrão de casas geminadas; e também a insuficiente presença de espaços verdes. Esses fatores, aliados aos já mencionados acima geram um microclima desconfortável, com a temperatura do ar mais elevada. Já fator de visão do céu ainda é uma medida que, por Arapiraca ainda estar iniciando seu crescimento verticalizado, está um pouco distante de ser necessário estudá-la.

Considerando que o processo de verticalização na cidade de Arapiraca está em fase inicial, seria interessante o poder público através dos mecanismos que o mesmo possui (Código de Edificações), indicar também algumas soluções práticas que beneficiam o microclima urbano, como: o uso de cores claras nas fachadas dos edifícios, aumentando a capacidade de reflexão da radiação e reduzindo as absorções de calor; o aumento a massa de vegetação com o plantio de árvores; o uso de concreto claro em vez de asfalto, essa prática já elevaria o percentual de reflexão da radiação global incidente em 50%.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa foi baseada no embasamento teórico, e nesta etapa, destacou-se a importância do estudo da morfologia urbana aliado ao clima, considerando o crescimento da cidade horizontal e verticalmente, tendo como fim a elaboração de um Planejamento Urbano consciente das questões climáticas que envolvem o ambiente urbano. Essa prática fornecerá aos habitantes do município de

Arapiraca um microclima mais agradável, ou seja, poderemos desfrutar de um ambiente externo com conforto térmico, e assim, uma melhor qualidade de vida.
Através do presente artigo, pode-se constatar que Arapiraca necessita urgentemente rever seu Código de Edificações para assegurar um crescimento urbano saudável e sustentável. Atualmente, o Código de Edificações não dispõe de muitas normas que possam delimitar a especulação imobiliária local. E essa realidade trará inúmeras consequências bioclimáticas. Portanto, o processo de revisão do Código de Edificações deve ser desenvolvida com base em princípios que levem em consideração características específicas locais como topografia, padrões de vento, temperatura, umidade, insolação e obstrução do céu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUSE, M. (2007) ENVI-Met® model homepage. 2015. Disponível em: http://www.envimet.com/.

BARBIRATO, G.M; Torres, S.C., Passos, I. C.S.; Barbosa, R. V. (2010) R. Diretrizes bioclimáticas para o planejamento urbano a partir da aplicação de metodologias de análise do clima local. 4º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Anais PLURIS 2010. Faro, 2010.

BARNABÉ, Ana Carolina Alves; ALVAREZ, Cristina Engel de; SOUZA, Ana Dieuzeide Santos (2009). Verticalização Eficiente: proposta de uma edificação verticalizada para a cidade de Vitória (ES) alicerçada nos conceitos da sustentabilidade em arquitetura. V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. ELECS 2009.

DUARTE, D. H. S; Serra, G. G. Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental Brasileira: correlações e proposta de um indicador (2003). Ambiente Construído, Porto Alegre, v.3, n. 2, p. 7-20, abril/junho. 2003

FRANCO F. M., M. Nogueira C. J. A., Rosseti K. A. C. e Nogueira J. S. (2010). Microclima e Morfologia Urbana: Um Estudo Em Cidade de Clima Tropical Continental. Pluris 2010.

Givoni, Baruch. (1992) Climatic aspects of urban design in tropical climates. Atmospheric Environment, Oxford, v.26B, n.3, p.397-406.

OLIVEIRA, P. M. P. Cidade Apropriada ao Clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 1988.

OKE, T.R. Boundary layer climates. 2.ed. New York: Routledge, 1996, 435p.

Romero, Marta Adriana Bustos (2011). Correlação entre o Microclima Urbano e a Configuração do Espaço Residencial de Brasília. Fórum Patrimônio: Mudanças Climáticas e o Impacto das Cidades, v4, n.1 (2011).

Romão, Simone Rachel L., Irmão, José Matias; Lira, Rosa M. Ângelo de Oliveira (2008). A cidade do futuro: agenda 21 Arapiraca. Maceió : IDEARIO, 2008.

Silva, Geovany Jessé Alexandre; Bustos Romero, Marta Adriana (2011). O urbanismo sustentável no Brasil. A revisão de conceitos urbanos para o século XXI. Arquitextos, São Paulo, 11.128, 2011.

SHASHUA-BAR, L; Hoffman, M. E. (2000) Vegetation as a climatic component in the design of an urban street An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. Energy and Buildings 31, 2000.

495. FRAGMENTO NEGLIGENCIADO DA PAISAGEM URBANA. UM MÉTODO DE ABORDAGEM REVERSA ÀS JANELAS QUEBRADAS

CUNHA, Clovis Aquino de Freitas[1] (clovis.aquino@uvv.br); LYRA, Ana Paula Rabello[1] (ana.lyra@uvv.br).*
[1]Universidade Vila Velha (UVV), Brasil

RESUMO
Se a inserção de um equipamento abandonado e quebrado pode promover a desordem e o descaso segundo a teoria das Janelas Quebradas, será que o seu inverso, ou seja, a inserção de elementos que qualificam o lugar pode promover a humanização e ocupação saudável de um espaço público abandonado e negligenciado? Mais do que qualidade e atratividade são prerrogativas dos espaços da cidade assegurar condições de segurança para sua apropriação e uso. Este artigo é parte de um estudo que visa analisar a reação das pessoas ao se depararem com um ambiente fragmentado do tecido urbano a partir de uma série de intervenções que utilizam a metodologia participativa na promoção de oficinas de arte e grafite, associadas a algumas atividades recreativas desenvolvidas em parceria com associações locais, em uma área situada embaixo da Terceira Ponte, na Praia da Costa, Vila Velha, E.S. A partir deste objetivo foi definida como estratégia metodológica a abordagem participativa reversa a aquela que deu origem a Teoria da Janela Quebrada, onde desta vez, a intervenção seria focada na inserção de elementos que pudessem qualificar o lugar com o intuito de estimular alterações na forma atual de apropriação do mesmo. Os resultados apresentados destacam através da análise da infraestrutura, usos e qualidades promovidas pelas oficinas, as transformações da paisagem local diante de uma nova postura de valorização da área.
Palavras-chave: Fragmento urbano, Metodologia participativa, Segurança pública, Espaço público, Paisagem urbana

NEGLECTED URBAN LANDSCAPE FRAGMENTED. AN APPROACH METHOD IN REVERSE TO THE BROKEN WINDOWS THEORY

ABSTRACT
If the insertion of an abandoned and broken equipment can promote disorder and neglection according to the Broken Windows theory, does its inverse, that is, the insertion of elements that qualify the place, can promote the humanization and healthy occupation of an abandoned and neglected public space? More than quality and attractiveness, these are prerogative of the city spaces to ensure safe conditions for their appropriation and use. This article is part of a study that aims to analyze the reaction of people when they come across a fragmented environment of the urban space after a series of interventions that use the participatory methodology in order to create workshops of art and graffiti, associated with some recreational activities, developed in partnership with local associations, in an area located under the Third Bridge, at Praia da Costa, Vila Velha, ES. The method used the strategy of a reverse approach to the original Broken Window Theory, where a series of proposed interventions would insert some elements or activities that could qualify the place in order to stimulate changes in the current form of use of the space. The results presented highlight, through the analysis of the infrastructure, uses and qualities promoted by the workshops, the transformations of the local space by a new behavior upon the valorization of the study area.
Keywords: Urban fragment; Participatory methodology; Public safety; Public space; Urban landscape

1. INTRODUÇÃO

Centros urbanos de cidades metropolitanas têm apresentado configurações recorrentes de espaços ociosos resultantes dos encontros das malhas urbanas. São áreas que apresentam uma ruptura na continuidade do seu traçado viário, destacado por Lynch (2011) como limites. Tais configurações são identificadas neste trabalho como fragmentos urbanos por constituírem barreiras, rupturas, descontinuidades, vazios que têm sido negligenciados nos desenhos urbanos e apropriados por moradores em situação de rua e confundidos por áreas de descarte com acúmulo indevido de lixo. Realidade identificada com frequência em áreas de baixios de pontes e viadutos que surgem como resíduo das áreas de ocupação formais que se adensam em seu entorno, como exemplificado na figura 01. Situação esta que tem colocado em risco a qualidade de vida da população que reside e trabalha adjacente a tais áreas e que vem comprometendo a transformação da paisagem local ao reproduzir a arquitetura do medo nas edificações que fazem limite com estas regiões. São construções introspectivas que se configuram como enclaves urbanos de uma cidade de muros (CALDEIRA, 2000) que fragiliza a sustentabilidade local ao desestimular a presença do caminhar das pessoas, princípio que segundo Jan Gehl (2014) pode contribuir para tornar uma cidade mais sustentável. Neste contexto, o ambiente torna-se vulnerável a ocorrência de ações antissociais, que intensificam a condição de degrado e violência urbana fragilizando por consequência a apropriação saudável do espaço público pela comunidade local, como ocorre na área residual localizada embaixo da Terceira Ponte, na região da Praia da Costa, do município de Vila Velha, no Espírito Santo (CUNHA, LYRA e SANTANA, 2016).

Figura 1. Vista da Terceira Ponte que corta o bairro Praia da Costa, Vila Velha, ES.



Fonte: acervo dos autores (2015).

O referido cenário de insegurança e medo se agrava na medida em que os números de ocorrências crescem intensificando a evasão das pessoas dos espaços livres da cidade, principalmente fora dos horários comerciais. O resultado desta combinação vem sendo criticado desde a década de 60, por autores como Jane Jacobs (2011), Oscar Newman (1972), Clara Cardia (2011) e Jan Gehl (2014) que atribuem tal realidade à ausência de um desenho urbano atrativo que privilegie a escala humana para garantir a circulação de pessoas e a presença espontânea da vigilância natural através do olhar vigilante daqueles que passariam a frequentar os espaços livres de uso público da cidade, portanto dar oportunidade de uso e circulação às pessoas nos espaços urbanos é também contribuir em prol da sustentabilidade social, por incentivar a igualdade de acesso por diversos grupos sociais ao espaço público (GEHL, 2014).

Esta realidade motivou a escolha da área de estudo desta pesquisa, caracterizada como fragmento de resíduo urbano, localizada embaixo da estrutura da Ponte Deputado Darcy Castello Mendonça inaugurada em agosto de 1989, a ponte que possui 3,3 km de extensão e quatro pistas, também é conhecida como “Terceira Ponte” e está inserida no contexto da Praia da Costa, bairro nobre do município de Vila Velha. A área, apesar de ser situada adjacente à ocupações formais do município, não foi integrada no desenho e planejamento do bairro, apresentando um aspecto de abandono expresso pelas pichações, lixos acumulados e depredações, como ilustrados na figura 2, pois reforçam a sensação de insegurança que fragiliza a paisagem local e inibe o uso e apropriação do espaço pela comunidade local (CUNHA, LYRA e SANTANA, 2016).

Figura 2. Exemplos da situação de degrado embaixo da Terceira Ponte.



Fonte: acervo dos autores (2015).

O aspecto de abandono da área selecionada é agravado pelo odor do canal da costa, outrora rio que garantia lazer e atividades recreativas incluindo o banho e a pesca, nos idos anos 20 dos novecentos (SANTOS, 2011), encontra-se, todavia, poluído e igualmente negligenciado reforçando a vulnerabilidade local, contradizendo alguns dos objetivos da Agenda 21 relacionados à sustentabilidade, como a conservação dos recursos naturais, proteção ambiental e desenvolvimento social (KEELER; BURKE, 2010). Apesar de ter potencialidade para renovação e requalificação da área, tem permanecido ignorado pelos dirigentes que adiam as obras de salubridade e despoluição necessária para valorização do município, considerando que o canal atravessa vários bairros da cidade sendo ideal para acolher um parque linear. Entretanto, ao se configurar como área limite, as laterais do Canal tornaram-se vulneráveis e se constituíram com elementos característicos da arquitetura do medo, isolando as edificações e negando a integração com a rua, condição que reforça a necessidade de se estudar e de se propor soluções mais adequadas para o convívio sadio em áreas limites ou residuais urbanas (CUNHA, LYRA e SANTANA, 2016).

As caraterísticas identificadas na área de estudos despertaram nos autores o interesse em buscar nos conceitos multidisciplinares inerentes as questões urbanas e socioambientais desta pesquisa, aqueles relacionados aos aspectos da prevenção vinculados ao ambiente favorável à incidência de crimes da Teoria Situacional ou da Oportunidade do Delito (CLARKE, 1997), no âmbito da Criminologia Ambiental. Teoria que atribui a ambientes degradados, isolados, escuros ou negligenciados a oportunidade ideal para aqueles que já possuem a tendência ao delito. Foi a partir desta premissa que se desenvolveu o experimento que deu origem à Teoria das Janelas Quebradas de Wilson e Kelling (1982) baseado na influência que sinais físicos de desordem têm em

desencadear comportamentos antissociais. A partir da observação de um experimento idealizado pelo psicólogo Philip Zimbardo da Universidade de Stanford em 1969, perceberam que um carro abandonado em uma comunidade de classe média alta em Palo Alto, na California, E.U.A., se manteve intocável por uma semana, até quebrarem uma de suas janelas, quando o carro passou a ser saqueado e vandalizado. Os autores Wilson e Kelling (1982) destacaram então um importante aspecto da análise da segurança pública: as pessoas se sentem inseguras de usar o espaço público mais pelo medo provocado pelo degrado físico e pela desordem social do que pelo medo do crime propriamente dito. Este sentimento de ser suscetível ao perigo foi identificado por Bauman (2012) como “medo derivado”, inerente àquela sensação de insegurança que as pessoas assimilam quando se deparam com os espaços vazios e introspectivos da cidade. Esses aspectos se tornam então o centro da teoria das janelas quebradas que sustenta que a depredação e atos de vandalismo podem gerar insegurança e incentivar outras ações antissociais. Este experimento sugeriu aos autores desta pesquisa uma investigação que se apropriou da teoria para avaliar se o inverso da mesma poderia promover a organização e a manutenção do lugar, junto à vigilância como prevenção a ocorrência de delitos menores, criando assim ambientes favoráveis à ocupação saudável dos espaços urbanos.

Diante da realidade exposta foi possível identificar o seguinte problema de pesquisa: Em que medida os espaços residuais urbanos, como aquele localizado embaixo da terceira ponte, em Vila Velha, E.S., pode ter sua ocupação e apropriação qualificada a partir de estímulos externos de valorização de seu espaço? Utilizando como referência o estudo das janelas quebradas de Wilson e Kelling (1982), da vitalidade dos espaços de Jacobs (2011), do medo e da insegurança de Bauman (2009 e 2012), como fatores que passam a controlar a vida urbana na cidade contemporânea, aliado a pesquisa de Caldeira (2000) que aborda os efeitos do medo e da violência urbana na arquitetura e no espaço público, e tendo como foco deste estudo a área residual localizada debaixo da terceira ponte no bairro Praia da Costa em Vila Velha, foi possível conjecturar sobre as seguintes hipóteses que supostamente explicam a situação atual da área: a configuração do próprio espaço isolado e desprovido de infraestrutura adequada o torna vulnerável a apropriação informal e à ilegalidade; a transformação morfológica das edificações do entorno da área que se tornaram introspectivas reproduzindo características da arquitetura do medo, reforça o medo derivado e o abandono do local; a consequente sensação de insegurança inibe as pessoas de utilizarem a área na maior parte do dia; e a própria ausência de um espaço humanizado sugere a ausência de oportunidades para a socialização das pessoas.

2. OBJETIVO

Para confirmar as suposições apresentadas como respostas ao problema exposto, foi proposto como objetivo geral, em uma abordagem reversa a teoria das Janelas Quebradas, analisar a reação e o comportamento das pessoas ao se depararem com intervenções de transformação do ambiente atualmente fragmentado do baixio da Terceira Ponte, situado na Praia da Costa, em Vila Velha, E.S. E com o intuito de contribuir com o objetivo posto foram desenvolvidas metas complementares específicas como: diagnosticar e caracterizar os condicionantes existentes da área quanto ao uso e ocupação do espaço público e de seu entorno, identificar os atores locais, promover intervenções urbanas no trecho da área de estudos e registrar a reação e o comportamento das pessoas a partir das intervenções propostas, com possível melhoria na sustentabilidade ambiental e social na área pesquisada.

3. MÉTODO DE PESQUISA

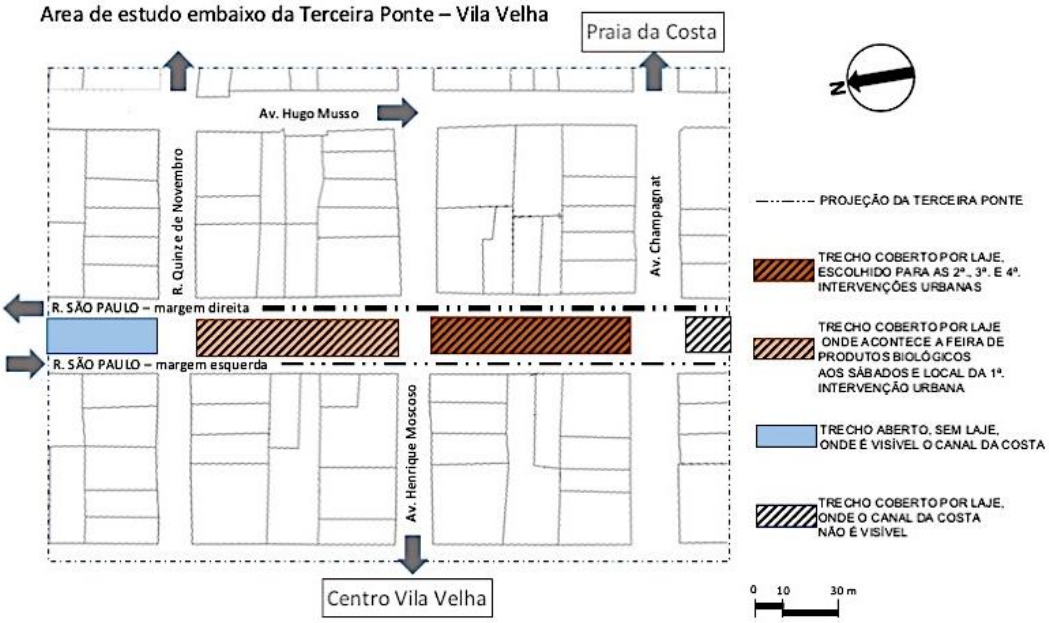
Foi definida como estratégia metodológica a abordagem participativa reversa a aquela que deu origem a Teoria da Janela Quebrada de Wilson e Kelling (1982), onde desta vez, a intervenção seria focada na inserção de elementos que pudessem qualificar o lugar com o intuito de estimular alterações na forma atual de apropriação do mesmo, com possível qualificação do ambiente urbano e direcionamento sustentável decorrentes das ações propostas. Portanto, optou-se por uma pesquisa qualitativa de cunho exploratório, com a realização do diagnóstico que utilizou como referência a abordagem de análises espaciais de LYNCH (2011), CARDIA e BOTTIGELLI (2011), GEHL (2014) e BONDARUK (2007) e com uso da metodologia da abordagem participativa da pesquisa-ação, como método de aplicação prática dos conceitos apontados pela estratégia de ação oposta ao experimento que deu origem a teoria das janelas quebradas.

Para os demais objetivos específicos adotou-se uma abordagem direta nos contatos com os atores locais e municipais e a realização de oficinas para promoção das intervenções que promoveram alterações na área de estudos através da estratégia da inserção da arte, tática adotada em função de seu caráter inclusivo e sustentável por agregar pessoas de diferentes idades e classes sociais, realidade identificada na área de estudos durante a fase de reconhecimento da área. O recurso metodológico da pesquisa-ação se constituiu nas oficinas realizadas nas lajes que cobrem o Canal da Costa abaixo da Terceira Ponte que conecta a capital Vitória ~~com~~ à cidade de Vila Velha. A opção por distribuir e segmentar os trechos de intervenção, apontados na figura 3, em diferentes períodos distribuídos ao longo de um ano foi estratégico para permitir a observação pós-intervenção, pois essa modalidade propiciava uma ocupação gradual do local e oferecia maior possibilidade de interação entre a comunidade e a área objeto deste estudo, permitindo o registro das reações das pessoas em relação ao local a partir de cada intervenção realizada.

Ainda em relação à estratégica metodológica aplicada, para a promoção do pertencimento, da sustentabilidade social e melhor apropriação do local de estudo foi proposto o envolvimento da comunidade e dos gestores locais, que foram chamados para participar em reuniões de discussão, validação e idealização das etapas propostas para cada oficina. Foi realizado um total de quatro oficinas, a primeira em março de 2015 para iniciar a aproximação e coletar os anseios e impressões da comunidade sobre a área, para isso, optou-se por realizar a oficina no local onde acontece a feira de produtos biológicos, em um sábado, já que desta forma o público alvo, que seriam os moradores da região, estaria frequentando o local motivado pela feira. As outras três oficinas aconteceram seguindo a estrutura física do local na área, onde existe um piso que cobre o trecho do Canal da Costa, compreendido entre os três pares de pilares das Av. Henrique Moscoso e Av. Champagnat, ou seja, cada oficina aconteceu no entorno de cada par de pilares, identificado para receber as intervenções de arte e grafite. A proposta idealizada pelos pesquisadores em parceria com os atores locais contemplava além das oficinas de arte, outras opções que incluíam o esporte e lazer, pois se observou a necessidade de se ter mais de uma ação que estimulasse a participação do público, cabe aqui notar que Morin (2008) afirma que uma ação em si é também um processo complexo e possível de imprevistos, portanto, considerou-se prudente que ocorressem mais de uma ação durante cada intervenção urbana. Assim, em cada oficina a metodologia foi a mesma, constituída de uma ação principal: pintura do par de pilares pela população com orientação e supervisão dos pesquisadores; e de ações secundárias para estimular a sustentabilidade social através do convívio igualitário que acompanhava convites para participar de um café-da-manhã solidário e das atividades de esporte e lazer promovidas pelos organizadores. Como metodologia para análise e verificação dos resultados das oficinas de intervenção urbana, foi utilizado o método empírico de observação com fotos do local que retratam o antes e depois das intervenções e o estado atual da área de estudo. Optou-se também pela aplicação de um questionário com 15

perguntas, sendo 13 questões fechadas e 2 questões abertas, cujo método estatístico de amostragem utilizado foi o probabilístico aleatório considerando uma população finita.

Figura 3. Mapa esquemático de localização das intervenções propostas



Fonte: CUNHA, LYRA e SANTANA (2016)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das intervenções urbanas adotou a categorização de três questões postas como predominantes pelos autores estudados, em relação à promoção da vitalidade na configuração de espaços livres de uso público: infraestrutura, usos e qualidade do espaço público. As respostas expressas pelo público foram sintetizadas e classificadas a partir da primeira intervenção urbana, realizada durante a oficina de mosaico de ideias, ilustrada na figura 4.

Figura 4. **Moradores participando da 1ª. oficina e o resultado afixados nos pilares da ponte, março 2015.**



Fonte: CUNHA, LYRA e SANTANA (2016).

Esta primeira intervenção urbana teve o propósito de despertar na comunidade local a possibilidade de ocupação do espaço público, assim como identificar os anseios da comunidade em relação à área de estudos. O resultado foi expresso na forma de desenhos e frases que demonstravam que o espaço público analisado deveria ter mais cor, luz, conforto, que fosse seguro e acolhedor, como indicado na tabela 01. Vale destacar que nesta ocasião o espaço apresentava a predominância de tons cinza e pardos, pouca iluminação noturna, lixos acumulados, pichações, depredações, aridez e desconforto pela ausência de mobiliários urbanos seguros para o uso, ou seja, um ambiente com baixos indicadores de qualidade e sustentabilidade social. Esses fatores negativos coincidem com o degrado físico das características expressas na teoria da Janela Quebrada identificados como estímulos à desordem social e contribuíam para a sensação de insegurança que era agravada pela presença de pessoas em situação de vulnerabilidade social por estarem na condição de moradores de rua ocupando uma área com características de abandono e depredação.

Tabela 1. Síntese dos anseios expressos pela comunidade para o trecho de estudos.

INFRAESTRUTURA	USO	QUALIDADE
limpeza	arte	cor
bancos	teatro	luz
vegetação	dança	segurança
iluminação	música	conforto
manutenção	rampas skate	abrigo
tratamento da água do Canal da Costa	parquinho infantil	proteção

Fonte: tabela elaborada pelos autores (2015).

A partir deste primeiro resultado foram feitas novas reuniões e contatos com o município para adequar as propostas e infraestrutura demandadas para as intervenções seguintes. As outras três intervenções urbanas ocorreram em novembro e dezembro de 2015 e a última das intervenções aconteceu em fevereiro de 2016. Cada oficina optou por inserir um tema novo e alinhado a realidade local. A ideia era motivar a participação das pessoas através das oficinas de intervenção urbana com atividades que contemplavam arte, esporte e lazer, como apresentado nas figuras 5, 6 e 7. A segunda oficina inaugurou às pinturas coletivas dos dois primeiros pares de pilares e contou com uma equipe que realizou a medição de pressão e glicose no local, além de uma aula de Yoga promovida em parceria com atores locais (figura 5).

Figura 5. Segunda oficina de intervenção urbana embaixo da Terceira Ponte, novembro 2015.



Fonte: acervo dos autores (2015).

Para o tema da terceira oficina foi definido o natal, e o foco foi nas crianças com a atividade de confecção de cartões de natais acompanhada da pintura de outros dois pilares do trecho da área de estudos. A pintura contou ainda com a participação de um artista urbano, morador do bairro, que realizou um grafite urbano em uma face dos pilares com o tema em homenagem ao Convento da

Penha, patrimônio histórico e marco visual do município. Ocasião em que foi evidenciada a adesão de um dos moradores em situação de rua na participação da pintura dos pilares integrando todos os presentes e demonstrando que uma pequena ação de arte urbana pode contribuir para qualificar e criar condições de convivência saudável entre as diversidades sociais locais (figura 6), assegurando um dos aspectos da sustentabilidade social, ao oferecer oportunidades iguais de acesso ao espaço público por diversos grupos sociais (GEHL, 2014).

Figura 6. Terceira oficina de intervenção urbana embaixo da Terceira Ponte, dezembro 2015.



Fonte: acervo dos autores (2015).

A última intervenção concluiu a pintura dos dois últimos pilares individualizados para a intervenção proposta e também contou com a adesão de empresários locais na oferta de um café da manhã comunitário e realização de uma apresentação de artes marciais de academia local (figura7). Ao final das intervenções propostas constatou-se que as instituições públicas e privadas ficaram mais sensíveis ao espaço ocioso e demonstraram compreender que o aspecto físico tem influência na forma de apropriação da área.

Figura 7. Quarta oficina de intervenção urbana embaixo da Terceira Ponte, fevereiro 2016.



Fonte: acervo dos autores (2016).

A comunidade de atores locais formalizou a criação de um grupo permanente “amigos da ponte” para manutenção de ações de promoção do uso da área. As intervenções de melhorias como a pintura de edificações do entorno e as inserções de canteiros verdes permaneceram intactas desde a primeira pintura sem novas pichações e depredações que eram comuns na área, conforme ilustrações da figura 8.

Figura 8. Melhorias preservadas após oficinas de intervenção urbana.



Fonte: acervo dos autores (2016).

5. CONCLUSÃO

Ainda que o espaço embaixo da Terceira Ponte inspirasse o abandono e degrado, com poucos traços de sustentabilidade, as oficinas propostas consolidaram e confirmaram a hipótese inicial de que a inserção de elementos de humanização em um espaço abandonado e negligenciado pode sim promover uma transformação que agrega valores de apropriação novos a um lugar. O que reforça a vontade latente da população de se apropriar dos espaços livres para uso público. Fato este comprovado e expressado pelos moradores que anseiam por espaços de convívio para festas religiosas, encontros da terceira idade e de jovens, atividades culturais e comerciais citadas como resposta ao questionário aplicado após as intervenções. Outro resultado positivo constatado é que os pilares pintados durante as oficinas de intervenção urbana, não foram “pichados” ou sofreram atos de vandalismo. O mesmo ocorreu nas edificações no entorno da área debaixo da Terceira Ponte, onde foram realizadas as oficinas, que até a presente data não apresentaram novos casos de danos ao patrimônio publico e privado decorrentes das “pichações”, que antes eram frequentes. Também se percebeu que através da parceria da comunidade civil e acadêmica com os gestores públicos e privados, as propostas de qualificação e revitalização dos espaços públicos podem ter resultados satisfatórios para todos. A pesquisa constatou que existe uma carente atuação de comunidades locais na promoção de atividades conjuntas de apropriação saudáveis de espaços públicos negligenciados. Apesar de almejarem melhorias e deliberadamente exprimirem críticas ao descaso do poder público optam pelos mecanismos de controle artificiais como muros altos, cercas eletrificadas, câmeras de vide monitoramento, e grades que em vez de constituírem defesas contra o perigo (Bauman, 2009), estão reforçando o perigo por se isolarem na cidade. As reações expressas nas formas de apropriação que ocorreram a partir das ações propostas durante esta pesquisa demonstraram que existe vida e desejo de uma cidade mais sustentável, com melhor qualidade de vida e acesso igualitário aos espaços públicos, em constante conflito com o medo derivado do cenário urbano, confirmando que a reação do público pode ser proporcional à paisagem urbana em que está inserido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMAN, Zygmunt. Confiança e medo na cidade. Rio de Janeiro, RJ: Zahar, 2009.

BAUMAN, Zygmunt. Medo Líquido. Rio de Janeiro, RJ: Zahar, 2012.

BONDARUK, Roberson Luiz. A prevenção do crime através do desenho urbano. Curitiba: Edição do autor, 2007.

CALDEIRA, Teresa Pires do Rio. Cidade de muros: crime, segregação e cidadania em São Paulo. São Paulo - SP: Editora 34 / Edusp, 2000.

CARDIA, Clara; BOTTIGELLI, Carlo. Progettare la città sicura: pianificazione, disegno urbano, gestione degli spazi pubblici. Milano: Hoepli, 2011.

CLARKE, Ronald V. Situational crime prevention: successful case studies. New York: Harrow and Heston, 1997. Disponível em <http://www.popcenter.org/library/reading/PDFs/scp2_intro.pdf>, acesso em 18/03/2015.

CUNHA, Clovis; LYRA, Ana Paula R.; SANTANA, Elaine C. S. FRAGMENTOS NEGLIGENCIADOS DA PAISAGEM URBANA REVISITADO EM UMA ABORDAGEM REVERSA ÀS JANELAS QUEBRADAS. In: Ana Paula Rabello lyra; Michelly Ramos de Angelo; Simone Chabudee Pylro; Viviane Mozine Rodrigues. (Org.). Um olhar multidisciplinar sobre as violências. 1ed.Florianópolis: Insular, 2016, v. 1

GEHL, Jan. Cidades para pessoas. 2. ed. São Paulo, SP: Perspectiva, 2014.

JACOBS, Jane. Morte e vida de grandes cidades. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Porto Alegre: Bookman, 2010.

LYNCH, Kevin. A imagem da cidade. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

MARCUS, Clare Cooper; FRANCIS, Carolyn (Ed.). People places**:** design guidelines for urban open space. 2nd ed. New York. NY: John Wiley & Sons, 1998.

MORIN, Edgar. Introdução ao pensamento complexo. 4. Ed. Porto Alegre, RS: Sulina, 2011.

NEWMAN, Oscar. Creating Defensible Space. Institute for Community Design Analysis. U.S. Department of Housing and Urban Development Office of Policy Development and Research, April 1996. Disponível em <http://www.defensiblespace.com/book.htm> acesso em 10/02/2015.

SANTOS, Jair. Vila Velha: onde começou o Estado do Espírito Santo: fragmentos de uma história. 2ª. ed. ver. e atual. Vila Velha, E.S.: GM Ed., 2011.

ZIMBARDO, P. G. Diary of a Vandalized Car. Time Magazine, Vol. 93, No 9, New York, Feb. 28, 1969. Disponível em: <http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,900702,00.html >. Acesso em: 07/03/2016.

WILSON, James Q; KELLING, George L. Broken Windows: The police and neighborhood safety. In The Atlantic, Mar 1982.

EURO ELECS 2017

RECURSOS E CONVERSÃO DE RESÍDUOS EM RECURSOS

REALIZAÇÃO: UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

PROMOÇÃO: antac

APOIO / PATROCÍNIO: CAPES, CNPq, FAPERGS, CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul INTEGRANDO PROFISSIONAIS E SOCIEDADE

SUMÁRIO

4. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM OBRAS VERTICAIS EM UM MUNICÍPIO DO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL /RS 841

17. ESTUDO DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE COM ÊNFASE NA INCINERAÇÃO COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL..... 853

46. DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIAS NO GERENCIAMENTO E GESTÃO DE RCD NO MUNICÍPIO DE PAROBÉ-RS. 863

47. GESTÃO DE RESÍDUOS DE GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO 873

48. ESTUDO DO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO EMPREGANDO TYPHA EM WETLANDS..... 883

82. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ESTRATÉGIA EFETIVA NA BUSCA POR MAIORES ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE 893

92. PROPOSTA DE SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA CANTEIROS DE OBRAS SUSTENTÁVEIS 903

147. VERMICOMPOSTAGEM NO LOCAL DE TRABALHO, RUMO À SUSTENTABILIDADE ... 913

154. MODELOS DE NEGÓCIOS APLICADOS EM ETEs SUSTENTÁVEIS BASEADAS NOS CONCEITOS DE ECONOMIA CIRCULAR E NEXUS..... 923

182. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS PARA CONFECÇÃO DE MOBILIÁRIO URBANO 933

186. INDICADORES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) COMO FERRAMENTAS DE AUXÍLIO NO CONTROLE DE OBRAS..... 945

231. MÉTODOS DE COMPOSTAGEM PARA O MEIO URBANO..... 957

252. EMPREGO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA PARA A PRODUÇÃO DE CIMENTOS COM BAIXA EMISSÃO DE CO_2 967

261. SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS PARA REÚSO DE ÁGUA CINZA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL (HIS) 977

263. OPORTUNIDADE DE SEQUESTRO DE CARBONO PELO EMPREGO DE AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO CARBONATADO..... 987

276. ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO ESCOLAR SUSTENTÁVEL NO MUNICÍPIO DE RECIFE-PE 999

292. OPÇÕES PARA O APROVEITAMENTO ÁGUA PLUVIAL EM UM SHOPPING CENTER NA REGIÃO METROPOLITANA DE VITÓRIA (ES)..... 1009

337. AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA MANUSEIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS HABITAÇÕES MULTIFAMILIARES DO RIO DE JANEIRO 1019

366. REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS E RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O PROJETO PARA DESMONTAGEM COMO ESTRATÉGIA DE PROJETO..... 1029

369. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL 1039

374. RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA LAS VIVIENDAS DE ESCASOS RECURSOS Y CONDICIONES PRECARIAS DE HABITABILIDAD DE MEDELLÍN - COLOMBIA 1047

391. REÚSO DE EFLUENTE INDUSTRIAL TRATADO PARA ABASTECIMENTO DE BACIAS SANITÁRIAS – ESTUDO DE CASO 1057

405. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE AGLOMERADOS BASADOS EN RESIDUOS DE ALGODÓN..... 1067

520. METODOLOGIA PARA COLETA E ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE PÓ DE ACIARIA ELÉTRICA EM BLOCOS CERÂMICOS..... 1077

528. PROPOSTA DE PROJETO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA O MUNICÍPIO DE SÃO PAULO DO POTENGI - RN..... 1087

4. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM OBRAS VERTICAIS EM UM MUNICÍPIO DO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL /RS

DA SILVA, Matheus Dalsotto[1](matheus_dalsotto@hotmail.com); CAETANO, Marcelo Oliveira[1] (mocaetano@unisinos.brl); DAI PRÁ, Léa Beatriz[1](*biadaipra@gmail.com*), GOMES, Luciana Paulo[1]*

[1] Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

A gestão e o gerenciamento de resíduos de construção e demolição (RCD) nos municípios litorâneos destaca-se devido à quantidade de RCD per capita gerados anualmente. Percebe-se, nestas áreas, a necessidade de implantação de uma infraestrutura para atender uma população flutuante de cerca de dez vezes maior do que a população residente. Esta problemática motivou o estudo do gerenciamento de RCD em um dos maiores municípios litorâneos do Rio Grande do Sul, Brasil. Até o primeiro semestre de 2016, o município estudo de caso possuía 50 novas obras verticais. A pesquisa avaliou uma amostra de 52% das referidas obras (geradores de RCD) e 100% dos prestadores de serviços ambientais (coleta, transporte e destinação final de RCD). Desenvolveu-se uma metodologia quantitativa com aplicação de um questionário semiestruturado, visitas técnicas presenciais e quantificação de RCD Classe A gerados, coletados e destinados. Os resultados mostraram que os resíduos Classe A gerados por este tipo de obra, representam 20% do total de RCD gerado em todo município. Das construtoras que atuam neste segmento, 91% possui conhecimento da Resolução CONAMA Nº 307 de 2002, porém apenas 41% delas realizam o programa de gestão. A avaliação quantitativa mostrou uma geração de RCD Classe A igual a 202,9 t/dia. Considerando uma população de 47.148 habitantes, verifica-se uma geração per capita de 4,30 kg/hab.dia. Referente a coleta de RCD, esta ocorre de maneira eficiente por parte dos transportadores, porém muitas vezes a destinação final não é realizada em locais ambientalmente adequados. O levantamento de dados mostrou uma diferença entre os RCD transportados e tratados/destinados de cerca de 25%. Esta diferença refere-se à comercialização de resíduos para empresas, sem licenciamento ambiental, utilizarem como aterro. Observou-se, por fim, que a inexistência de legislação e/ou padronização municipal para o gerenciamento de RCD, dificulta o correto fluxo de manejo de resíduos sólidos.

Palavras-chave: Resíduos de Construção e Demolição, RCD, Obras Verticais, Geradores, Litoral.

MANAGEMENT OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN VERTICAL WORKS IN A COASTAL CITY OF THE RIO GRANDE DO SUL/RS

ABSTRACT
Management of Construction and Demolition Waste (CDW) in coastal cities stands out due to the amount of CDW per capita generated annually. In these areas, the need to install an infrastructure to meet a floating population, of about ten times greater than the resident population, is noticed. This problem motivated the study of CDW management in one of the largest coastal cities in Rio Grande do Sul, Brazil. Until the first semester of 2016, the city case study had 50 new vertical works. The research evaluated a sample of 52% of these works (CDW generators) and 100% of the environmental service providers (collection, transportation and destination of CDW). A quantitative methodology was developed with the application of a semi-structured questionnaire, technical visits and quantification of CDW Class A generated, collected and destined. The results showed that Class A waste generated by this type of work represents 20% of total CDW generated in all cities. Of the constructors working in this segment, 91% have knowledge of CONAMA Resolution No. 307 of 2002, but only 41% of them carry out the management program. The quantitative evaluation showed a generation of Class A CDW equal to 202.9 t/day. Considering a population of 47,148 inhabitants, there is a per capita generation of 4.30 kg/inhab.day. Concerning the collection of CDW, this occurs in an efficient way on the part of the transporters, but, however, the destination is not carried out in environmentally suitable places. Data collection showed a difference between transported and treated/destined CDW of about 25%. This difference refers to the commercialization of waste for companies, without environmental licensing, to use as landfill. Finally, it was observed that the lack of legislation and /or municipal standardization for the management of CDW, hinders the correct flow of solid waste management.
Keywords: Construction and Demolition Waste, CDW, Vertical Works, Generators, Coastal.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com cerca de 80% da população vivendo em áreas urbanas e, junto a isto, a produção de resíduos sólidos aumenta, pois ela é diretamente proporcional ao crescimento populacional.

A Lei N°12.305/2010 (BRASIL, 2010), define resíduos sólidos como “Material, substância objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e representam um grande volume destes. A construção civil é admitida como um segmento com grande geração de impactos ambientais, consumos de recursos naturais, modificação da paisagem e geração de resíduos sólidos (TAVARES, 2007; CAETANO *et al.*, 2016a; CAETANO *et al.*, 2016b).

A Resolução Conama 307/2002 (CONAMA, 2002) estabelece procedimentos, critérios e diretrizes, para a gestão de resíduos da construção e demolição, de forma a disciplinar a redução a geração de RCD. Embora, haja no país diversas legislações sobre o tema, muitas vezes os geradores acabam não cumprindo as políticas previstas, pois devido à falta de fiscalização em muitas localidades, acabam dispondo seus resíduos de forma imprópria. (SILVA, 2011).

Em relação a isto, Potenza (2012), afirma que 70% dos resíduos se dão nos pequenos geradores, provenientes de obras e demolições menores e, em alguns casos, coletados pelo sistema urbano de limpeza dos municípios. Com um adequado gerenciamento destes resíduos, há enorme potencialidade de reutilização dos mesmos, geração de coprodutos e, consequentemente, geração de emprego, renda e melhoria do meio ambiente local.
Conforme Karpinsk et al. (2009); Ortiz et al. (2010); Evangelista et al. (2010); Caetano *et al.*, 2016a; Caetano *et al.*, 2016b; a grande parcela de RCD pode ser reaproveitada na própria obra ou como coproduto. A questão no Brasil e em outros países, como na China conforme Ding & Xiao (2014), é que as ações de reciclagem de RCD nos canteiros de obra ainda são mínimas ou quase inexistentes.

2. OBJETIVO

Diante da realidade apresentada, e sabendo-se que é imprescindível o correto gerenciamento de RCD, executou-se um estudo de caso em um município litorâneo visando avaliar os geradores de RCD em construções verticais no município estudado em relação ao gerenciamento de resíduos e, também, as condições de operação dos transportadores destes resíduos, que prestam serviço para as obras.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia foi dividida em três partes. A primeira etapa foi realizar a caracterização do município em questão. A segunda etapa abrangeu a coleta de dados referente aos agentes geradores de RCD. E a última etapa contemplou a coleta de dados dos prestadores de serviço de coleta, transporte e destinação de RCD.
A pesquisa é considerada um estudo de caso quantitativo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

De acordo com o Censo 2010, realizado pelo IBGE, o Município estudado possui uma área de 97,10 km², com uma população fixa de 42040 habitantes e com estimativa 47148 habitantes pelo IBGE (2015). No período de veraneio, especialmente nos finais de semana e feriados, a população pode ser superior a 350.000 habitantes.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS GERADORES DE RCD

Os agentes geradores foram identificados através de visitas técnicas, onde se procurou cadastrar os executores das obras em andamento. Esta etapa foi cruzada com os dados coletados na Prefeitura Municipal, referente aos projetos aprovados de construções verticais.
O cadastro dos geradores e diagnóstico do gerenciamento dos RCD do estabelecimento foi executado através de uma entrevista semiestruturada utilizando a ferramenta de questionário. As questões (Quadro 1), previstas nesta ferramenta, foram elaboradas com base nos trabalhos de Faresin (2009), Leonhardt (2013) e Silva (2010).

Quadro 1 - Modelo de questionário para construtoras

Questionário 1: Construtoras		
1	Nome da empresa:	
2	CNPJ:	
3	Endereço:	
4	Quantas obras em andamento no município:	
5	É de conhecimento da empresa a Resolução Conama nº 307/2002?	
	Sim	Não
6	Existe programa de gestão de entulho no canteiro?	
	Sim (vá para o item 13)	Não (vá para o item 7)
7	Qual a quantidade semanal de entulho gerado em cada canteiro?	
	Quantidade de entulho – Grupo A:	
	Quantidade de entulho – Grupo B:	
	Quantidade de entulho – Grupo C:	
8	Como é feito o acondicionamento e armazenamento do entulho no canteiro?	
9	Como é feita a destinação final?	
10	Quem é o responsável por esta operação?	
11	Existe controle da empresa quanto à confirmação da destinação final?	
	Sim	Não
	Caso sim, qual o local?	
12	Quando a empresa tem a pretensão de implantar o programa de gestão?	
13	Desde quando existe o programa de gestão de entulhos na empresa?	
14	Quais grupos de componentes (resíduos) são armazenados no canteiro?	
15	Como estes componentes são acondicionados no canteiro?	
16	Qual a quantidade diária dos componentes segregados?	
17	Qual o destino final dos componentes segregados?	
18	Existe controle da empresa quanto à destinação final dos componentes segregados?	
	Sim	Não
	Caso sim, como se dá este controle?	

Em relação à amostra de pesquisa, em primeiro momento definiu-se como 100% das obras de edificações verticais em andamento no município, cadastrados na Prefeitura Municipal. Identificou-se 40 construtoras em atividade no município e 50 obras deste padrão em andamento. Contudo, apenas 55% das construtoras responderam o questionário. Isto representou, em termos de quantidade de obras pesquisadas, cerca de 52% de amostra.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PRESTADORES DE SERVIÇO

Juntamente com o diagnóstico dos geradores de RCD do município, fez-se um levantamento dos prestadores de serviço, junto ao órgão do municipal, para identificar as empresas que atuam na atividade de coleta, transporte, triagem e destinação final dos resíduos. Houve também uma identificação destas empresas nas ruas da cidade, através das caçambas basculantes estacionárias.

A amostra desta parte do estudo foi de 100% dos transportadores e destinatários identificados. Neste caso, fez-se uma visita técnica, agendada, ao fornecedor e foi aplicado um questionário semiestruturado. O objetivo foi verificar o grau de atendimento das legislações e normas técnicas de RCD, que possibilitam a operação destas empresas. O questionário aplicado está apresentado nos Quadros 2 e 3. A elaboração das ferramentas foi baseada nos trabalhos de Faresin (2009), Leonhardt (2013) e Silva (2010).

Quadro 2 - Modelo de questionário para prestadores de serviço de coleta

Questionário 2: Prestadores de serviço de coleta
Nome da empresa:
Responsável pela operação:
CNPJ:
Endereço:
Tipo de veículo:
Número de veículos:
Quantidade de caçambas:
Volume médio das caçambas:
Valor médio cobrado por caçamba:
Portão e cercamento no perímetro da área de operação:
Na entrada, identificação visível das atividades desenvolvidas e quanto à aprovação do empreendimento:
Equipamento de proteção individual (EPI):
Sistema de drenagem superficial:
No transporte dos RCD, há dispositivos de cobertura:
A empresa emite MTR:
É informado aos geradores atendidos, e aos destinatários, uma via do MTR indicando a destinação dada aos resíduos coletados:
Tipo de resíduo que transporta: Classe A ( ) - B ( ) - C ( ) - D ( )
Quantidade semanal transportada do Grupo A
Quantidade semanal transportada do Grupo B
Quantidade semanal transportada do Grupo D
Empresa possui licenciamento ambiental para coleta de RCD:

Quadro 3 - Modelo de questionário para área de transbordo, triagem e destinação.

Questionário 3: Área de transbordo, triagem e destinação			
Item	**Empresa:** _____		
	Sim	Não	Não atende
Portão e cercamento no perímetro da área de operação			
Cerca-viva arbustiva ou arbórea no perímetro da instalação			
Na entrada, identificação visível das atividades desenvolvidas e quanto à aprovação do empreendimento			
Equipamento de proteção individual (EPI), de proteção contra descargas atmosféricas e de combate a incêndio			
Iluminação e energia, de modo a permitir ações de emergência			
Sistema de controle de poeira			
Dispositivos de contenção de ruído em veículos e equipamentos			
Sistema de drenagem superficial com dispositivos para evitar o carregamento de materiais			
Revestimento primário do piso das áreas de acesso, operação e estocagem, executado e mantido de maneira a permitir a utilização sob quaisquer condições climáticas			
Licença ambiental emitida pelo município ou órgão estadual			
Cadastro técnico federal (CTF) no IBAMA			
Quantidade de RCD recebida do município – Grupo A			
Quantidade de RCD recebida do município – Grupo B			
Quantidade de RCD recebida do município – Grupo D			

Com os resultados obtidos nesta etapa da pesquisa, foi possível avaliar as condições de operação de prestadores de serviço de RCD que atendem ao município, atendendo ao objetivo geral e questão problema desta pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PESQUISA JUNTO A PREFEITURA MUNICIPAL

Em entrevista na Secretaria do Meio Ambiente e Planejamento, junto ao responsável pelo departamento do Meio Ambiente, foi questionado sobre a gestão e gerenciamento da construção civil no município. A responsável relatou que *"...a cidade possui Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), porém nele não contém um capítulo sobre RCD..."*. No município atuam 03 empresas responsáveis pela destinação final dos RCD, porém apenas duas possuem sede no munícipio estudo de caso. Nesta pesquisa estas empresas foram denominadas A, B, C.

O responsável pelo departamento, em entrevista, afirmou que *"...existem duas empresas que são responsáveis pela destinação para a disposição dos RCD no Município, no qual a Empresa B está adequada com as legislações exigida e está em fase de ampliação de sua Infraestrutura, enquanto a Empresa C está com a sua licença vencida, estando em fase de renovação..."*.

A responsável pelo departamento do Meio Ambiente disse que *"...no município não há nenhuma empresa de transporte cadastrada, todas elas são cadastradas no município vizinho e atuam neste município..."* (objeto de estudo). Ao finalizar o questionário foi perguntado quais são as medidas e ações que o município está realizando sobre à gestão de RCD. A resposta foi *"...a partir de 10 de fevereiro de 2015 todas empresas que entrarem com novos projetos acima de 1000 m², devem apresentar relatórios sobre os RCD gerados semestralmente para posterior realização da certidão de 'Habite-se', e em caso de demolição terá que entrar com um pedido de autorização e posterior entrega do relatório..."*.

A análise mostra que o município de estudo está em fase de adaptação para implementação do PGRS. Percebeu-se a intenção da prefeitura em elaborar e aplicar as diretrizes da Resolução CONAMA 307/2002, bem como elaborar um capítulo a respeito dos RCD. Observou-se também, no município, a falta de empresas cadastradas e atuantes no transporte de RCD, o que é de certa forma prejudicial, pois o grande número de obras verticais do município necessita "importar" mão de obra de fora.

4.2 GERADORES

Neste estudo, foram localizados e contatados 40 geradores (construtoras), que atuam no município. Juntas, estas empresas somam 50 construções de obras verticais em andamento. Destes, somente 22 geradores se propuseram a responder o questionário. Destas 22 construtoras, 86% possuem apenas uma obra em andamento, 9% duas obras e 5% representam três obras em andamento.

Conforme previsto na Resolução Conama 307/2002 e na Lei 12.305/2010, os geradores são responsáveis desde a geração do resíduo até a destinação final do mesmo, através de métodos, técnicas e processos de manejos compatíveis com a destinação correta no meio ambiente.

4.3 CONHECIMENTO DAS EMPRESAS A RESPEITO DA RESOLUÇÃO CONAMA 307/2002

As construtoras foram questionadas a respeito de seu conhecimento sobre a resolução CONAMA Nº 307/2002. Apenas 9% responderam que não é de seu conhecimento e 91% disseram ser de conhecimento. No entanto, mesmo mostrando que 91% das construtoras tinham o conhecimento sobre resolução Nº 307/2002 do CONAMA, apenas 41% delas realizam o programa de gestão de

entulhos no canteiro de obras, totalizando 9 empresas. Isto significa que, embora haja conhecimento das empresas sobre as leis, por vezes elas não são utilizadas de maneira eficiente no município.

4.4 QUANTIDADE DE ENTULHO GERADO EM CADA CANTEIRO

A primeira observação neste questionamento é que nenhuma construtora controla a geração, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos RCD Classe B, C, D. Os dados a seguir relatados e estimados são relativos apenas aos RCD classificados como Classe A, pela CONAMA 307/2002.

No estudo realizado nas construtoras, apenas seis informaram que utilizam semanalmente uma caçamba basculante para destinação de seus resíduos (RCD do Grupo A). O restante das obras (20 obras), relataram que utilizam, semanalmente, entre uma e duas caçambas basculante de 4 m³ de resíduos do grupo A. Com este dado pode-se realizar uma estimativa de resíduos gerados no município, pelos prédios em construção.

Considerando os dados levantados em campo e anteriormente relatados e, ainda, as 26 obras pesquisadas, percebe-se que 23% das obras geram 4 m³ por semana de resíduos, e 77% geram entre 4 m³ e 8 m³ semanalmente (média de 6m³/semana). Para obtenção de uma estimativa para todo o município, utilizou-se esta proporção para o total de 50 obras em andamento atualmente no município. Esta estimativa é apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 - Estimativa de geração de RCD do grupo A para obras verticais em todo o município de Estudo de Caso

Especificação	Unidade	Quantidade
Obras verticais em andamento	Número de obras	50
Obras com geração de 4m³ de RCD / semana	Número de obras	12
Obras com geração de 6m³ de RCD/semana	Número de obras	38
Total de Geração de RCD (Grupo A)	m³/semana	276
	m³/mês*	1242
	m³/ano	14904
	m³/dia	40,8

*Considerado o mês com 4,5 semanas

4.5 ACONDICIONAMENTO DOS RESÍDUOS NO CANTEIRO DE OBRAS

As empresas utilizam 3 formas de acondicionamento, no qual 68% utilizam diretamente a caçamba basculante para acondicionar os resíduos, 23% utilizam lugares cobertos e protegidos e 9% utilizam baias para realizar a separação dos resíduos.

Outro dado importante, que deve ser salientado, é que 100% das construtoras utilizam as empresas de transportes de caçamba basculante para realizar a sua destinação final, assim terceirizando o seu transporte. Conforme o questionário, percebeu-se que 86% das construtoras não têm o costume de realizar a confirmação do destino final, mesmo sendo de sua responsabilidade informar semestralmente à prefeitura a destinação de seus resíduos.

4.6 PRESTADORES DE SERVIÇO DE COLETA

No município, as empresas de transportes de resíduos são os chamados telentulhos. Todos possuem caçambas com 4 m³ de volume, e que utilizam caminhões poli guindastes para seu transporte. É importante ressaltar que estas empresas não são regulamentadas junto à prefeitura, ou seja, não há nenhum tipo cadastro e/ou autorização para atuarem no município. No total, atuam seis empresas de coleta de RCD. Estas praticam os serviços com o valor entre R$110,00 a

R$130,00 por caçamba. Este custo refere-se ao recolhimento e o transporte dos RCD gerados no município até uma área de disposição final.
Um dado importante da pesquisa refere-se à cobertura das caçambas para transporte dos RCD. Cem por cento (100%) dos prestadores de serviços responderam que utilizam este dispositivo. No entanto, em visita *in loco* percebeu-se que isto não é a prática real. Nas inspeções realizadas, respeitando as limitações desta pesquisa, notou-se que nenhuma empresa faz uso da cobertura.
Em relação à capacidade de coleta de RCD das empresas que atuam no município, pode-se verificar que a capacidade de coleta do grupo A é de 1420 m³ semanais. Já do grupo B, a capacidade é de 596 m³, totalizando uma capacidade de coleta igual a 2016 m³ semanais. Efetivamente esta capacidade é utilizada na prática. Isto significa dizer que são coletados cerca de 2016 m³/semana ou 288 m³/dia de RCD dos grupos A e B no município. Considerando apenas o grupo A, a geração diária é de 202,86 m³/dia para todo o município.

4.7 ÁREAS DE TRANSBORDO, TRIAGEM E DESTINAÇÃO

Em relação à área de destinação de RCD, existem três empresas atuantes no município (Empresas A, B, C). Duas destas estão localizadas no próprio município (empresas B, C) e outra situa-se no município vizinho (empresa A).
Sobre áreas de transbordo, triagem e destinação as empresas A, B e C responderam que possuem portão e cercamento no perímetro da área de operação; identificação visível quanto as atividades desenvolvidas e quanto a aprovação do empreendimento na entrada; equipamentos de proteção individual (EPI), de proteção contra descarga atmosférica e de combate a incêndio; sistema de drenagem superficial com dispositivo para evitar o carregamento de matérias; revestimento primário do piso das áreas de acesso; operação e estocagem executado e mantido de maneira a permitir a utilização sobre quaisquer condições climáticas; e licença ambiental emitida pelo município ou órgão estadual. Questionados sobre cercas vivas, arbustivas ou arbóreas no perímetro da instalação apenas a empresa C relata não possuir. Quanto à existência de energia elétrica e iluminação (de modo de permitir ações de emergência); sistema de controle de poeira e dispositivos de contenção de ruídos em veículos e equipamentos; apenas a empresa B relata possuir. Quanto ao cadastro técnico federal junto ao IBAMA, todas as empresas responderam negativamente.
Com referência à quantidade recebida de resíduos do município do grupo A e grupo B, a Tabela 1 apresenta uma comparação entre o volume de RCD coletado e destinado pelas obras do município.

Tabela 1 - Resíduos transportado x depositado

	Volume transportado		Volume depositado	
Resíduos	**Semanal (m³)**	**Mensal (m³)**	**Semanal (m³)**	**Mensal (m³)**
Grupo A	1420	6390	1062	4779
Grupo B	596	2682	500	2250
Total	2016	9072	1562	7029

*Considerado o mês como 4,5 semanas

Uma comparação com a geração de RCD do grupo A, para as obras verticais em andamento no município, percebe-se uma diferença entre a geração de RCD deste segmento (40,8 m³/dia), a quantidade de resíduos efetivamente coletada pelos fornecedores de coleta e transporte de RCD (202,9 m³/dia), e a quantidade recebida pelas unidades de destinação de RCD (151,7 m³/dia). A diferença entre os volumes coletados e destinados está relacionado à venda dos RCD, por parte dos fornecedores de coleta e transporte, para terceiros utilizarem como aterro.

Para a estimativa de geração total de RCD do grupo A para o município, utilizou-se os valores de coleta (pior situação). A primeira conclusão refere-se à diferença entre o volume coletado e gerado pelas obras verticais. Esta diferença, cerca de 162,1 m³/dia são relativos à, principalmente, demolições de edificações, construções de prédios comerciais e construções de residências. Proporcionalmente, as obras novas verticais representam 20% da geração de RCD.

Outro aspecto de relevância está relacionado à quantidade de RCD estimada para o país. A ABRELPE (2014) estimou em 2014 uma quantidade coletada de RCD no Brasil de cerca de 122262 ton/dia. Isto representa um indicador de geração igual a 0,603 kg/hab.dia. No Rio Grande do Sul, este índice foi de 0,569 kg/hab.dia.

Para o município estudado, considerando a totalidade de resíduos coletados, utilizando-se a população de 47.148 habitantes estimado pelo IBGE (2015) e a densidade do RCD igual a 1,0 ton/m³ estimada por Miranda *et al*. (2009) para resíduos Classe A, estima-se uma quantidade total gerada de 202,9 ton/dia ou 4,30 kg/hab.dia ou 1.569,5 kg/hab.ano. Estes índices estão muito acima aos dados estimados pela ABRELPE (2014) para o Brasil e Rio Grande do Sul. Isso é confirmado por trabalhos como: Bernardes *et al.* (2008) que apresenta dados de geração de RCD igual a 201 kg/hab.ano em Passo Fundo/RS; Oliveira *et al.* (2011) que apresentou um índice de 120 kg/hab.ano em Fortaleza; Angulo *et al.* (2011) que pesquisou um município na região Noroeste do estado de São Paulo apresentando uma geração de RCD igual a 364 kg/hab.ano e Hartz (2015) apresenta um índice de 80,3 kg/hab.ano para um município da região metropolitana de Porto Alegre/RS.

Também, conforme Ding & Xiao (2014), é um índice muito superior ao apresentado em outros locais como: Estados Unidos (cerca de 520 kg/hab.ano); Alemanha (cerca de 710 kg/hab.ano); Reino Unido (cerca de 500 kg/hab.ano); Austrália (cerca de 400 kg/hab.ano); Japão (cerca de 800 kg/hab.ano); Grécia (646 kg/hab.ano); Portugal (186 kg/hab.ano) e Shanghai (842 kg/hab.ano) (Ding & Xiao, 2014).

Contudo, Ribeiro (2013) estudou a geração de RCD em um outro município litorâneo gaúcho e a geração per capita estimada foi de 3,87 kg/hab.dia ou 1.413 kg/hab.ano. Este dado está coerente com esta pesquisa. A provável justificativa para a grande geração per capita encontrada nestes municípios litorâneos, é que a população flutuante nos meses de veraneio pode chegar a dez vezes a população residente. Com isso, toda a infraestrutura projetada e instalada no município é para a população flutuante. Consequentemente, a geração de RCD é proporcional a maior população o que gera a diferença de dados obtida por esta pesquisa. Apenas a título de comparação, considerando uma população de cerca de 350.000 habitantes, a geração per capita calculada do município estudo de caso seria de 1,65 kg/hab.dia.

5. CONCLUSÃO

Neste estudo de caso, observou-se que mesmo com diversas diretrizes que regem as questões de RCD a falta de fiscalização e principalmente o não cumprimento dessas políticas resultam na maneira irregular de destinação destes resíduos.

No que se refere à geração de RCD, no município estudado, as construções verticais somam um porcentual de 20% de todo resíduo gerado no município, onde verificou-se que a maioria tem conhecimentos das leis vigentes, porém não realiza de forma adequada.

Referente à coleta de RCD, esta ocorre de maneira eficiente por parte dos transportadores. Porém, muitas vezes a destinação final não é realizada em espaço adequado. O levantamento de dados mostrou uma diferença entre RCD transportado e depositado. Os RCD depositados em locais adequados representam 77% de todo RCD gerado no município. Estes locais, conforme esta pesquisa, possuem infraestrutura que atende às normas mínimas para disposição final.

Considerando este estudo de caso observou-se que, pela falta de uma legislação municipal específica, encontra-se dificuldade para o melhor entendimento por parte dos geradores e transportadores dos seus deveres referentes à sua segregação adequada no manejo final dos resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, S. C.; TEIXEIRA, C. E.; CASTRO, A. L. de; NOGUEIRA, T. P. , 2011. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. Engenharia Sanitária e Ambiental, 16(3), 299-306.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos resíduos Sólidos no Brasil 2014. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

BERNARDES, A.; THOMÉ, A.; PRIETTO, P. D. M., ABREU, A. G., 2008. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. Ambiente Construído, 8(3), 65-76.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providencias. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 12 set. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. 2002. Diário Oficial da União, n. 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, p. 95-96.

CAETANO, M. O.; SELBACH, J. B. O.; GOMES, L. P., 2016a. Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais. Ambiente Construído, 16(2), 51-67.

CAETANO, M. O.; LAMBIASE, F. B.; GOMES, L. P., 2016b. Composição dos RCD gerados em etapa de pós obra originadas de correções patológicas em edificações verticais. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica, 9(3), 331-348.

DING, T.; XIAO, J., 2014. Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai. Waste Management 34, 2327–2334.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. , 2010. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. Ambiente Construído, 10(3), 23-40.

FARESIN, Andreia Eugenia, 2009. Diagnostico dos resíduos da construção civil no município de Erechim – RS. Rio Grande do Sul

HARTZ, Daniel Felipe. Diagnostico da situação atual e propostas de melhorias no gerenciamento e gestão de RCD em Parobé - RS. Rio Grande do Sul, 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa nacional do CENSO de 2014.

KARPINSK, Luisete Andreis. 2009. Gestão diferenciada de resíduos da construção civil : uma abordagem ambiental. Porto Alegre : ediPUCRS, 2009. pp. 11-69.

LEONHARDT, Débora, 2010. Diagnostico dos resíduos da construção civil recolhidos por caçambas de tele-entulho no município de Lajeado – RS. Rio Grande do Sul

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, E. D. , 2009. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Ambiente Construído, 9(1), 57-7.

OLIVEIRA, M. E. D.; SALES, R. J. M.; OLIVEIRA, L. A. S.; CABRAL, A. E. B. , 2011. Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. Engenharia Sanitária e Ambiental, 16(3), 219-224.

ORTIZ, O.; PASQUALINO, J. C.; CASTELLS, F. , 2010. Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. Waste Management, 30(4), 646-54.

POTENZA, João Luiz. Resíduos da construção civil e o estado de São Paulo. São Paulo, 2012.

RIBEIRO, Guilherme Camizella. 2013. Avaliação do Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no município de Torres, Rio Grande do Sul. Universidade Federal de santa Catarina.

SILVA, V. G. Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

TAVARES, Liliana de Paula Martins. 2007. Levantamento e análise da deposição e destinação dos resíduos da construção civil em Ituiutaba, MG. Dissertação (Mestrado). Uberlândia : Universidade Federal de Uberlândia, 2007. p. 159.Disponível em http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/422/1

17. ESTUDO DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE COM ÊNFASE NA INCINERAÇÃO COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL

ÁVILA, Leandro Bittencourt [1](leandroavila.meioambiente@gmail.com); BORDIN, Fabiane[1,2] (fabianebor@unisinos.br); ANSCHAU, Mônica[1,2](monicamanschau@gmail.com); SCALCO, Leonardo[1,2] (leonardoscalco1996@gmail.com); GORKOS, Paola[1,2] (pgorkos@hotmail.com); MÜLLER, Vinicius[1,2] (vmullerm@outlook.com)*

[1] VIZLab – Advanced Visualization Laboratory, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
[2] Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A questão da geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é um assunto de extrema importância, pois se observa que a geração de resíduos tem apresentado um crescimento desproporcional e superior ao aumento populacional no Brasil, ao passo que os espaços disponíveis para a instalação de novos aterros sanitários tornam-se cada vez mais escassos. Em muitos municípios brasileiros, os RSU são dispostos em lixões e aterros sanitários sem o devido controle, apresentando um risco ao meio ambiente. Seguindo as diretrizes das Políticas Nacionais de Resíduos Sólidos e de Saneamento Básico, os municípios e os estados possuem a incumbência de formular seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos em seus territórios de abrangência, bem como certificar-se de sua devida operação. O presente estudo objetivou analisar o potencial de aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos, com ênfase na incineração, como uma ferramenta de gestão ambiental, para o município de Porto Alegre. A metodologia utilizada baseou-se em dados obtidos conforme a literatura e adaptados para as situações atuais do município. Através da caracterização dos resíduos, foi possível verificar a viabilidade da incineração, mediante o poder calorífico inferior. Sendo assim, estimou-se a energia passível de ser gerada, com base em valores médios de potencial gerador de energia através da incineração, para os resíduos. Em decorrência desses resultados foi possível avaliar a energia gerada e a contribuição ambiental que retornaria ao município. Foi constatado que Porto Alegre tem um bom sistema de coleta regular e seletiva, e os resíduos são atualmente encaminhados para aterros sanitários. Em decorrência deste estudo, foi possível considerar a incineração como instrumento de gestão ambiental, inserida no plano de gerenciamento de resíduos do município. Concluiu-se que a incineração se apresentaria como uma prática viável para o município, dado a diminuição do volume final de RSU e a energia elétrica passível de ser gerada.
Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos. Aproveitamento Energético. Incineração. Energia. Gestão Ambiental.

STUDY OF ENERGY TAKE OF MUNICIPAL SOLID WASTE OF PORTO ALEGRE CITY WITH EMPHASIS ON INCINERATION AS ENVIRONMENTAL MANAGEMENT TOOL

ABSTRACT
The issue of the generation of Municipal Solid Waste (MSW) is a subject of extreme importance, since it is observed that the generation of waste has shown a disproportionate growth and higher than the population growth in Brazil, whereas the spaces available for the installation of new Landfills become scarcer. In many Brazilian municipalities, MSW are disposed in dumps and landfills without proper control, presenting a risk to the environment. Following the guidelines of the National Policies on Solid Waste and Basic Sanitation, municipalities and states have the responsibility of formulating their solid waste management plans in their territories, as well as ensuring their proper operation. This case study aimed to analyze the potential of energy use of urban solid waste, with emphasis on incineration, as an environmental management tool, for the city of Porto Alegre. The methodology used was based on data obtained according to the literature and adapted to the current situations of the municipality. Through the characterization of the residues, it was possible to verify the viability of the incineration, using the lower calorific value. Thus, it was estimated for the waste, the energy that can be generated based on average potential energy-generating values through incineration. As a consequence of these results, it was possible to evaluate the energy generated and the environmental contribution that would return to the municipality. It was verified that Porto Alegre has a good system of regular and selective collection, and the residues are currently sent to landfills. As a result of this study, it was possible to consider incineration as an environmental management tool, inserted in the municipal waste management plan. It was concluded that the incineration would be a viable practice for the municipality, given the decrease in the final volume of MSW and the electric energy that can be generated.
Keywords: Municipal Solid Waste; Energy Use; Incineration; Energy; Environmental Management.

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) cresce anualmente, preocupando as administrações públicas em todo o mundo. Observa-se que, no município de Porto Alegre, a população cresceu 0,22%, entre 2010 e 2011, chegando ao total de 1.413.094 habitantes (IBGE, 2011). Em contrapartida, a geração de RSU cresceu 4,3 %, atingindo o volume de 1.635,50 t/dia, para o mesmo período, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2010; 2011).

A gestão das políticas nacionais de saneamento básico e resíduos sólidos é atribuída, pelo governo federal, aos municípios (Lei 11.445/07; Lei 12.305/10). Sendo assim, cabe aos mesmos a responsabilidade direta de gerenciar e destinar corretamente os resíduos gerados, por meio de políticas e mecanismos de gestão eficientes. De acordo com o IBGE (2008), a destinação final dos RSU é disposta em 50,8 % nos vazadouros a céu aberto (lixões), 22,5 % em aterros controlados e 27,7 % em aterros sanitários.

A geração dos RSU tende a aumentar e a preocupar a população, à medida em que cresce o consumo. Além disso, verifica-se o aumento populacional e o desenvolvimento tecnológico de produtos com preços mais acessíveis e com menor vida útil. O diagnóstico da ABRELPE (2010; 2011) mostra que a coleta dos RSU não consegue acompanhar a evolução da geração dos mesmos, o que acarreta no não recolhimento de toneladas diárias de resíduos. Estes fatos estão

ainda aliados à destinação dos resíduos a aterros controlados e lixões, contribuindo para um potencial problema ambiental e de saúde pública.
Proporcional ao grande consumo de produtos e embalagens que os RSU geram, a demanda por energia aumenta. Além disso, estes aumentos se dão em função da aglomeração populacional nos grandes centros, do crescimento do potencial aquisitivo da população e do estímulo ao consumo.
Em face das circunstâncias e da realidade de Porto Alegre, que investe em coleta regular, seletiva e aterro sanitário, surge a ideia do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos com ênfase na incineração waste-to-energy (*WTE).* Segundo Oliveira (2004) na usina de incineração do tipo *WTE* o rejeito é introduzido em uma câmara de combustão primária a uma temperatura entre 500ºC e 900ºC, onde há pouca injeção de ar, a fim de evitar picos elevados de temperatura, como forma de minimizar a poluição.
Já se pode encontrar empresas, no Rio Grande do Sul, que realizam incinerações, tanto para destinação final de resíduos próprios, quanto para queima de resíduos de serviços de saúde a terceiros. Contudo, tal incineração se dá sem aproveitamento energético (WENZEL, 2008; LUFTECH, 2012a; 2012b; SERESA, 2002; 2013; AMBIENTUUS 2002a; 2002b; URI 2003a; 2003b).

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade do aproveitamento energético dos RSU no município de Porto Alegre, por meio da incineração. O estudo avaliou dois cenários, o primeiro sem a triagem dos resíduos e o segundo contemplando a reciclagem de materiais como plástico, metais e vidro.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia foi baseada na obtenção de valores e parâmetros encontrados nas bibliografias, adaptados à realidade de Porto Alegre. A fim de caracterizar os dados referentes à coleta e geração de resíduos, buscou-se conhecer como é a coleta de Porto Alegre, bem como determinar quanto de RSU é gerado diariamente. Com base na população do município, foi possível estimar um valor médio diário de geração de RSU por habitante. Esses resultados estão expressos na Tabela 3.
Através da quantidade de RSU coletado, e com base no estudo da composição gravimétrica dos resíduos, foi possível definir a quantidade de resíduos separados por tipologia, que atualmente são enviados para aterro (Tabela 4).
A fim de definir sobre a viabilidade da implantação de usinas *WTE* com RSU como combustível, seguiu-se o que foi proposto pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2008), que considera a viabilidade da incineração de resíduos para geração de energia quando o poder calorífico inferior (PCI) dos resíduos for superior a 2000 kcal/kg. O poder calorífico inferior constitui o potencial de geração de energia, mediante a incineração.
Sendo assim, foi estimado o poder calorífico médio ponderado dos RSU do Município de Porto Alegre, com base nos valores médios de poder calorífico inferior dos componentes e tipologias identificados na caracterização gravimétrica dos resíduos do município. A Tabela 1 demonstra os devidos valores de PCI que foram encontrados nas bibliografias, e o respectivo valor médio adotado. Neste cálculo, desconsiderou-se os valores nulos indicados por alguns autores.

Tabela 1. Valor médio PCI de alguns componentes identificados nos RSU de Porto Alegre

Fonte	Potencial Calorífico Inferior (kcal/kg)						
	Alimentos	**Papel**	**Têxteis**	**Madeira**	**Plástico**	**Borracha**	**Couro**
Poletto e Silva (2009)	700,00	2.500,00	3.400,00	4.300,00	5.000,00	0,00	0,00
MME (2008)	1.310,00	4.030,00	3.480,00	2.520,00	6.300,00	6.780,00	3.630,00
FEAM (2012)	4.300,00	3.800,00	4.200,00	3.700,00	10.300,00	9.700,00	4.200,00
Paro, Costa e Coelho (2008)	1.362,60	3.300,60	0,00	0,00	7.278,20	0,00	0,00
Valor médio (kcal/kg)	1.918,15	3.407,65	3.693,33	3.506,67	7.219,55	8.240,00	3.915,00

Para estimar a geração de energia que a usina *WTE* poderia produzir, considerou-se os valores de potencial de geração de energia por tonelada de resíduos. Estes parâmetros foram encontrados na literatura, e variavam de autor para autor. Por isso, e a fim de não se superestimar um valor de geração de energia, pelo método da incineração, adotou-se um valor médio de potencial de geração de energia, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Valores potenciais de geração de energia através da incineração, por tonelada de RSU

Fonte	Potencial de geração de energia (MWh/t)
Reichert (2012)	0,4 a 0,6
EFW Working Group (2003)	0,50
Brasil (2008)	0,54
Oliveira (2004)	0,70
Valor médio adotado	0,56

Tendo em vista os valores encontrados na literatura, e apresentados na Tabela 2, definiu-se o valor médio de potencial de geração de energia em 0,56 MWh/t.
Considerando-se a geração total diária de RSU do município (Tabela 3), a composição gravimétrica de cada tipologia e seu percentual de participação (Tabela 4) e a média de potencial de energia a ser gerada (Tabela 2), conceberam-se dois cenários de geração de energia pela incineração dos RSU. O primeiro cenário contempla a geração de energia com base no total de RSU gerado, sem considerar que muitos resíduos – como metais, plástico e vidros – são triados e enviados à reciclagem. Já o segundo cenário considera o potencial de geração de energia elétrica com as atividades de reciclagem, reduzindo, portanto, o montante de resíduos que ficaria disponível para a incineração na usina *WTE*. Estimou-se que a reciclagem de metais, plásticos e vidros possui uma eficiência de 95 %, sendo que apenas 5 % dos resíduos recicláveis seriam destinados à usina.
O potencial de geração de energia mensal foi estimado considerando que a coleta seletiva ocorre de Segundas-feiras a Sábados, totalizando a média de 26 dias por mês de coleta (e consequente incineração).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os sistemas de gestão de resíduos do município, verificou-se que Porto Alegre é uma capital que tem um bom sistema de gerenciamento de resíduos sólidos. A coleta seletiva é

direcionada a 18 cooperativas, com destinação final para aterro sanitário (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, 2011).
De acordo com a ABRELPE (2011), o município de Porto Alegre coletou 1.635,50 t/dia de RSU em 2011. Considerando que a população urbana do município em 2010 foi de 1.413.094 habitantes (IBGE, 2010), a geração média de resíduos por habitante é de 1,157 kg, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Coleta dos RSU em Porto Alegre/RS em relação à sua população

População Urbana (hab.)	Quantidade Coletada de RSU (t/dia)	Quantidade RSU por habitante (kg/hab.dia)
1.413.094	1.635,50	1,157

Com base na geração diária de RSU para Porto Alegre (ABRELPE, 2011) e com a caracterização da composição gravimétrica de cada tipologia de RSU (FLECK E REIS, 2010) pôde-se estimar a quantidade coletada de resíduos por dia, para cada tipologia (Tabela 4). Considerou-se o valor médio do PCI de cada tipologia, de acordo com os valores encontrados na literatura (Tabela 1), e proporcional à quantidade de cada tipo de resíduo, calculou-se o PCI ponderado que caracteriza os resíduos de Porto Alegre, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Composição dos RSU enviados para aterro em Porto Alegre

Tipo de Resíduo	Percentual	Quantidade coletada (t/dia)	PCI Médio de cada tipologia (kcal/kg)	PCI Ponderado de cada tipologia (kcal/kg)
Matéria Orgânica	57,27%	936,65	1.918	1.098,52
Papel	11,60%	189,72	3.408	395,29
Plástico	11,22%	183,50	7.220	810,03
Metais	1,45%	23,71	0	0,00
Vidro	2,56%	41,87	0	0,00
Trapos	3,39%	55,44	3.693	125,20
Madeira e Aglomerados	0,44%	7,20	3.507	15,43
Couros	0,30%	4,91	3.915	11,75
Ossos	0,28%	4,58	1.918	5,37
Borracha	0,17%	2,78	8.240	14,01
Resíduos de Saúde	0,02%	0,33	3.693	0,74
Outros (Material Inerte)	11,30%	184,81	0	0,00
Total	100,00%	1.635,50	-	2.476,34

Fonte: Fleck e Reis, 2010.

Segundo MME (BRASIL, 2008), estima-se que uma usina *WTE* só é viável quando o PCI dos combustíveis for superior a 2000kcal/kg. Sendo assim, sob a ótica do Cenário 1, no qual todo o montante de resíduo gerado serviria de combustível para a usina, o PCI ponderado calculado demonstra a viabilidade da incineração para a geração de energia.

Considerando-se a quantidade de 1.635,50 t coletadas diariamente, e o valor médio de potencial gerador dos resíduos, neste estudo adotado como 0,56 MWh/t, estima-se que a usina *WTE*, no Cenário 1, geraria o total de 23.812,88 MWh/mês (Tabela 5).

Tabela 5. Produção de energia estimada em Porto Alegre sobre o volume da coleta regular sem reciclagem

Quantidade Coletada de RSU (t/dia)	Potencial de geração de energia (MWh/t)	Potencial total diário de energia gerada na usina (MWh)	Potencial total mensal de energia gerada na usina (MWh)
1.635,50	0,56	915,88	23.812,88

Já no cenário 2, considerando que Porto Alegre possui um bom sistema de reciclagem de resíduos, estimou-se a eficiência da triagem de plástico, metais e vidros em torno de 95 %. Sob esta ótica, foi recalculado o PCI ponderado dos resíduos que seriam enviados para a usina, bem como quantidade total, em massa, destes resíduos. Tal análise está demonstrada na Tabela 6.

Tabela 6. Geração de energia estimada sobre o volume da coleta regular

Tipo de Resíduo	Percentual	Quantidade total coletada (t/dia)	% Reciclado	Quantidade total não reciclada (t/dia)	PCI Médio (kcal/kg)	PCI Ponderado de cada tipologia (kcal/kg)
Matéria Orgânica	57,27%	936,65	0,00%	936,65	1.918,15	1.284,34
Papel	11,60%	189,72	0,00%	189,72	3.407,65	462,16
Plástico	11,22%	183,5	95,00%	9,175	7.219,55	47,35
Metais	1,45%	23,71	95,00%	1,1855	0	0,00
Vidro	2,56%	41,87	95,00%	2,0935	0	0,00
Trapos	3,39%	55,44	0,00%	55,44	3.693,33	146,37
Madeira e Aglomerados	0,44%	7,2	0,00%	7,2	3.506,67	18,05
Couros	0,30%	4,91	0,00%	4,91	3.915,00	13,74
Ossos	0,28%	4,58	0,00%	4,58	1.918,15	6,28
Borracha	0,17%	2,78	0,00%	2,78	8.240,00	16,38
Resíduos de Saúde	0,02%	0,33	0,00%	0,33	3.693,33	0,87
Outros (Material Inerte)	11,30%	184,81	0,00%	184,81	0	0,00
Total	100,00%	1.635,50	-	1.398,87	-	1.995,54

Mediante esta segunda análise (Cenário 2), verifica-se que sob estas condições e parâmetros aplicados, o PCI médio ponderado dos resíduos a serem enviados para a usina está inferior a 2000 kcal/kg, valor este que segundo a bibliografia, é considerado como inviável para a implantação de uma usina termoelétrica com utilização de RSU como combustível. Contudo, deve-se considerar que o valor obtido para o PCI se aproxima do valor parametrizado (2000 kcal/kg), e como há uma grande variabilidade na composição dos resíduos e do seu PCI, o Cenário 2 pode ser considerado como uma opção para o município de Porto Alegre.

Considerando a composição de resíduos, foi possível determinar o potencial total mensal de energia a ser gerada através da incineração (Tabela 7).

Tabela 7. Produção de energia estimada em Porto Alegre sobre o volume da coleta regular considerando a reciclagem

Quantidade total não reciclada RSU (t/dia)	Potencial de geração de energia (MWh/t)	Potencial total diário de energia gerada na usina (MWh)	Potencial total mensal de energia gerada na usina (MWh)
1398,87	0,56	783,37	20.367,55

No Cenário 2, verificou-se que mesmo com a reciclagem, a usina teria potencial de gerar, em média, 20.367,55 MWh/mês, demonstrando que os resultados são uma boa opção para o município.
Em ambos cenários, manteve-se a coleta seletiva existente juntamente com a disposição final dos aterros sanitários para recebimento das cinzas da usina *WTE*, bem como aqueles resíduos que não puderam ser consumidos na incineração.
Os dois cenários mostram uma boa fonte de geração de energia, reduzindo a demanda proveniente de outras fontes. Contudo, no cenário 2, com a reciclagem, ocorre o aproveitamento da energia existente nos resíduos e a conservação dos recursos naturais, bem como a geração de empregos, devido à implantação do processo de triagem no sistema. Entretanto, vale ressaltar, que as 18 cooperativas de catadores não seriam afetadas em nenhum dos cenários porque os resíduos da coleta seletiva reciclados não compõem o volume de 1.635,5 t/dia. Como resultado, constata-se que a incineração é uma opção viável técnica e ambientalmente desde que bem monitorada.

5. CONCLUSÃO

Mediante o estudo da análise gravimétrica das tipologias encontradas no RSU e o poder calorífico inferior, o estudo demonstrou que o PCI encontrado em Porto Alegre é de 2.476,34 kcal/kg (Cenário 1 – sem reciclagem) e 1.995,54 kcal/kg (Cenário 2 – com reciclagem) resultando na viabilidade técnica da incineração pela queima bruta.
No cenário 1, os resultados demonstraram uma geração de energia elétrica de 23.812,88 MWh/mês. Já no cenário 2, esta geração foi de 20.367,55 MWh/mês.
Diante da concepção de gestão ambiental, o cenário 2 pode ser considerado o mais adequado pois fomentará a reciclagem e aumentará sua eficiência, aproveitando-se a energia contida nestes resíduos e a minimização na extração de recursos naturais. Além disso, se aproveitará o potencial energético do rejeito na geração de energia elétrica que será direcionado ao próprio município e a redução significativa da disposição em aterro sanitário.
A partir dos valores obtidos na pesquisa, concluiu-se que há viabilidade para o processo de geração de energia elétrica utilizando-se os RSU do município de Porto Alegre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBIENTUUS TRATAMENTO, DISPOSIÇÃO FINAL E TRANSPORTES DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Relatório de impacto ambiental - RIMA**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM, 2002a.

_____. **Estudo prévio de impactos ambientais do processo de incineração da empresa**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM, 2002b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZAS PÚBLICAS - ABRELPE. **Caderno informativo recuperação energética**: resíduos sólidos urbanos. 2012. Disponível: <http://www.abrelpe.org.br/recuperacao_energetica.cfm>. Acesso em: 02 jan. 2013.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011**. 2011. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>. Acesso em: 03 dez. 2012.
_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. 2010. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 15 mar. 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2002. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 13 out. 2012.

_____. Casa Civil da Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Legislação**. Disponível em: <http://www4.planalto.gov.br/legislacao>. Acesso em: 01 fev. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Avaliação preliminar do aproveitamento energético dos RSU em Campo Grande, MS**. Colaboração da Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2008. (Série Recursos Energéticos). Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%zC3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208_1.pdf>. Acesso em: 13 out. 2012.

EFW WORKING GROUP. **Energy from Waste**: a good practice guide. The Chartered Institution of Wastes Management. 2003. Disponível em: <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/Energy%20from%20Waste(CIWM).pdf>. Acesso em: 21 set. 2013

FLECK, Eduardo; REIS, Mariza Fernanda Power. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Porto Alegre. **26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Porto Alegre, 2010 [obtido no DMLU – Divisão de Destino Final, 2012].

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades** @. 2009. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=431490>. Acesso em: 14 nov. 2012.

_____. **IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios em 2011**. 2011. Disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=1961>. Acesso em: 03 maio 2013.

_____. **Pesquisa nancional de saneamento básico em 2008**. 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaode vida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2013.

LUFTECH SOLUÇÕES AMBIENTAIS. **Características técnicas**. Disponível em: <http://www.luftech.com.br/tratamento-de-residuos/caracteristicas-tecnicas.html>. Acesso em: 19 set. 2012a.

_____. **Cases e Clientes**. Disponível em: <http://www.luftech.com.br/cases-e-clientes.html>. Acesso em: 24 mar. 2012b.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais - FEAM. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos**: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

OLIVEIRA, Luciano Basto. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil**. 2004. Tese (mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/lboliveira.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2012.

PARO, André de Carvalho; COSTA, Fernando Cörner; COELHO, Suani Teizeira. Estudo comparativo para o tratamento de resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários x incineração. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 2, p. 113-125, 2. sem. 2008. Disponível em: <www.sbpe.org.br/socios/downlod.php?id=231>. Acesso em: 05 out. 2012.

POLETTO, José A.; SILVA, Celso L. da. Influencia de la separación de residuos sólidos urbanos para reciclaje em el proceso de incineración com geración de energía. **Información Tecnológica**, v. 20, n. 2, p. 105-112, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642009000200013&script=sci_ arttext>. Acesso em: 04 out. 2012.

REICHERT, Geraldo. Aproveitamento energético de resíduos. **Congresso Mercosul de Biomassa e Bioenergia. Florestal, Agricultura, Indústria e Lixo Urbano**, Universidade de Caxias do Sul – UCS, Caxias do Sul, 2012.

SERESA SERVIÇOS DE RESÍDUOS DE SAÚDE. **Estudo de impacto ambiental**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM, 2002.
_____. **Licença de operação 553/2009 – DL**. Disponível em: <http://www.seresa.com.br/LO-incineracao-553-2009.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2009**. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2011. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 01 fev. 2013.

URI SOLUÇÕES AMBIENTAIS. Incineração de resíduos de seviço de saúde. **Estudo de impacto ambiental**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM, 2003.

WENZEL, Bruno München. **Redução carbotérmica do cromo na cinza de tratamento térmico de resíduos de couro visando a obtenção de liga ferro cromo e sulfato de cromo**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/ handle/10183/16088/000696587.pdf?sequence=1>. Acesso em: 04 jan. 2013.

46. DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIAS NO GERENCIAMENTO E GESTÃO DE RCD NO MUNICÍPIO DE PAROBÉ-RS.

HARTZ, Daniel Felipe[2] (danielh9@gmail.com); BORDIN, Fabiane[1,2] (fabianebor@unisinos.br); SCALCO, Leonardo[1,2] (leonardoscalco1996@gmail.com); GORKOS, Paola[1,2] (pgorkos@hotmail.com); MÜLLER, Vinicius[1,2] (vmullerm@outlook.com); ANSCHAU, Mônica[1,2] (monicamanschau@gmail.com)*

[1] VIZLab – Advanced Visualization Laboratory, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
[2] Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
Os resíduos da construção civil e da demolição (RCD) sempre foram um grande problema ambiental. O maior agravante ocorre pela quantidade em massa que este tipo de resíduo é gerado nas cidades brasileiras, dificultando sua disposição final, assim influenciando na qualidade de vida da população e na disponibilidade de recursos naturais. A partir de 2002, quando surgiu a resolução Conama Nº 307, pela primeira vez, no Brasil, se definiu critérios e procedimentos para este tipo de resíduo, desencadeando a intensificação das pesquisas nesta área. Existem inúmeros estudos de classificação e quantificação dos RCD, mas pesquisas voltadas à gestão e gerenciamento destes resíduos são encontradas após 2010, com o surgimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Estes planos têm o objetivo de fazer com que os RCD sejam reutilizados, reciclados ou em último caso dispostos de maneira correta. Nesta pesquisa foi realizado o diagnóstico atual do manejo de RCDs no município de Parobé-RS, analisando os locais para disposição final, coleta, transporte e demais ações realizadas pelos órgãos públicos responsáveis. A pesquisa ocorreu por meio de questionários aplicados aos profissionais responsáveis da área, legislação municipal vigente e apoiada na literatura. Por conseguinte, foram apresentadas medidas de melhorias para a gestão dos resíduos, a fim de organizar a coleta, o transporte e as ações de inclusão social. Após a análise dos sistemas de gestão, pôde-se concluir que Parobé ainda não maneja seus resíduos de forma adequada em sua totalidade, como a maioria das cidades brasileiras. Contudo, o município tem potencial para chegar ao êxito, por meio da integração entre os órgãos públicos, geradores de resíduos e a sociedade.
Palavras-chave: Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Gestão de Resíduos. Manejo de resíduos

DIAGNOSIS AND PROPOSED IMPROVEMENTS IN CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE (CDW) MANAGEMENT IN PAROBÉ-RS

ABSTRACT
Construction and demolition waste (CDW) have always been a wide environmental problem. The greatest aggravation occurs due to massive amount that this type of waste is generated in Brazilian cities, hindering the final disposal, thus influencing the life quality of the population and availability of natural resources. Since 2002, when it appeared the Resolution CONAMA Nº307, for the first time in Brazil were defined rules and procedures for this type of waste, triggering an intensification of

research in this area. There are numerous studies of classification and measurement of CDW, but research focused on management of this waste is found after 2010, with the emergence of the National Solid Waste Policy. These plans aim to make the CDW to be reused, recycled or ultimately, correctly disposed. In this research, it was conducted the current diagnosis of management of construction and demolition waste in the municipality of Parobé-RS, analyzing sites for final disposal, gathering, transportation and other actions taken by the responsible publics agencies. The research was carried out through questionnaires applied to the responsible professionals, current municipal legislation and supported in the literature. Therefore, improvement measures were presented for waste management, to organize the gathering, transportation and social inclusion actions.
After analysis the management systems, it was concluded that Parobé still does not handle their waste properly in its entirety, as most Brazilian cities. However, the city has the potential to achieve success through the integration of public agency, waste generators and society.
Keywords: Construction and Demolition Waste (CDW). Waste Management.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas ambientais existentes atualmente é o excesso de consumo e desperdício de recursos naturais. Neste contexto, é a construção civil, um dos ramos da indústria que mais consome estes recursos, tanto no processo de concepção como na manutenção de uma obra. De acordo com JOHN (2005), o consumo de recursos na construção civil varia de 15 % a 50 % de todos os recursos naturais extraídos. A quantidade de material consumido varia de 1 a 8 t/hab.ano, chegando a 220 milhões de toneladas por ano apenas para confecção de concreto e argamassa. Também é importante ressaltar que 66 % da madeira produzida no mundo de forma legalizada é consumida por este setor, porém grande parte da madeira consumida não provém de florestas ambientalmente corretas (JOHN, 2005).

Além disso, o uso não consciente dos recursos naturais acaba provocando um excesso de desperdício. Muitas vezes, este consumo poderia ser diminuído ou até evitado tomando-se medidas e propondo sistemas que controlem a utilização de recursos, o que consequentemente diminuiria a geração de resíduos.

No setor da construção civil ainda não existem iniciativas significativas voltadas à gestão ambiental. Uma provável justificativa para isto é a falta de conhecimento e metodologias que auxiliem as empresas a implementar um modelo eficiente de gestão de resíduos. A falta de gerenciamento deve-se também ao fato de o Brasil possuir um crescente déficit habitacional, além de necessidades de construção na área de infraestrutura de transportes, saneamento, abastecimento de água e energia. Desta forma, há uma incompatibilidade entre a rapidez exigida e os custos de obra com relação às iniciativas ambientalmente corretas. Contudo, é indispensável se pensar em métodos e sistemas de gestão ambiental, pois isso deve fazer parte do dia a dia de um canteiro de obras.

Existem muitas ferramentas que objetivam diminuir essa geração de resíduos. Tais medidas devem ser tomadas desde o momento em que o resíduo é gerado, até sua destinação final, como reciclagem ou encaminhamento para uma disposição ambientalmente correta.

É importante ressaltar que, atualmente, sistemas de gestão ambiental já são economicamente viáveis em municípios com pequenas populações. Este fato é relevante, visto que grande parte dos resíduos é gerado em cidades pequenas. Também existem fatores que podem despertar o interesse de empresas e construtoras do ramo em tais cidades, como por exemplo, tornar-se um diferencial competitivo, promover o desenvolvimento do setor e melhorar os resultados financeiros da empresa.

Conforme já mencionado, a construção civil, apesar de ser uma importante ferramenta de desenvolvimento econômico e social, também é responsável pela geração de impactos ambientais, consumo de recursos naturais, modificação de paisagem e geração de resíduos sólidos. Um grande

desafio desse ramo é conciliar esses elementos de modo que continue sendo um importante instrumento econômico, no entanto proporcionando um maior desenvolvimento sustentável, tornando-o menos nocivo ao meio ambiente (NETO, 2005).

Segundo Schneider & Philippi (2004), os maiores responsáveis pela geração de entulho são as empresas construtoras de pequeno e médio porte, que fazem essa disposição irregular como ferramenta para diminuir custos, não promovendo assim a correta destinação e reaproveitamento dos resíduos. Paliari et al. (2002), explica que a redução das perdas de materiais traz benefícios na redução de recursos naturais utilizados e também de entulho lançado nas áreas urbanas. A Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) aponta que 63,3% dos municípios aloca esse material em lixões, não promovendo sua correta destinação. Segundo a Coordenadoria de Planejamento Ambiental do Estado de São Paulo, CPLA (2012), cerca de 70 % dos resíduos são gerados por pequenas reformas, obras e demolições, sendo que estes resíduos, muitas vezes, são coletados pelo próprio sistema de limpeza dos municípios. Apenas 30% são de obras regulamentadas. Durante muito tempo, não era possível estimar os desperdícios e os consequentes impactos que isso acarretava, contudo, atualmente, índices de perdas e geração de resíduos já podem ser estimados (DIAS, 2007).

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram observadas as leis vigentes no município. É importante salientar que estados e municípios só podem definir diretrizes em suas leis se estas estiverem de acordo com a legislação federal. Para realizar uma solução correta para o descarte de resíduos de RCD, deve-se promover a integralização de três agentes responsáveis: Órgão Público Municipal, Geradores de resíduos e transportadores.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída pela Lei n. 12.305/2010 e pelo Decreto n. 7404/2010 são as leis que regem a destinação dos resíduos. Estas leis estabelecem que os planos municipais devem definir suas medidas e procedimentos buscando atingir os principais objetivos da política de gerenciamento de resíduos sólidos. Para se obter um bom modelo de gestão, um dos principais instrumentos de ação é o planejamento, pois assim, definem-se metas, diretrizes e objetivos com coerência.

Vale salientar que o Brasil ainda está muito longe do patamar que deveria estar, quando se fala em planos de gerenciamento de resíduos. Segundo o estudo realizado pela CPLA (2012), dos 348 municípios consultados para a pesquisa, apenas 39 deles possuem área privada para reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC) classe A (classificação de acordo com CONAMA N° 307, vide Tabela 1), e apenas 12 possuem uma área de reciclagem de RCC pública.

Um estudo realizado com 100 construtoras brasileiras mostra que a porcentagem de entulho gerado é de 7 % a 8 %. De um modo geral, estima-se que 61 % dos resíduos sólidos urbanos são gerados na construção civil, enquanto 28 % são resíduos sólidos domésticos e 11 % são demais tipos de resíduos (AGOPYAN, 2001). John & Agopyan (2005) mostram que a geração mundial *per capta* de RCD varia de 130 a 3000 kg/hab.ano. Apesar de ser um valor bastante elevado, esta diferença se deve principalmente ao fato que alguns autores levam em consideração o solo removido e outros não. No Brasil pode-se dizer que a mediana entre os valores encontrados se aproxima de 510 kg / hab.ano, o que se aproxima dos padrões mundiais. Estudos apontam que na maioria dos países a geração de RCD é maior que a geração de Resíduos sólidos domésticos. A única exceção estudada foram os Estados Unidos, haja vista a diferença da influência da construção civil no PIB do país. Enquanto no Brasil a porcentagem do PIB que a construção civil gera corresponde à 15 % do PIB nacional, nos Estados Unidos a indústria da construção representa apenas 6 %.

Segundo John (2000), resíduos de construção e demolição (RCD) podem chegar a 67 % dos resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos, sendo este, estimado em um montante de 68,5 milhões de toneladas por ano.

Sendo assim, é importante promover a devida diferenciação e classificação dos RCD, para que assim possa se proceder com a correta destinação para cada tipo de materiais. A Tabela 1 apresenta a classificação proposta pela resolução CONAMA N° 307. A Tabela 2, por sua vez, ainda segundo a mesma resolução, apresenta a destinação proposta para tais resíduos.

Tabela 1. Classificação dos RCD de acordo com a resolução CONAMA N° 307

Classificação	Tipologia
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações, como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.
Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, como por exemplo os produtos oriundos do gesso,
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: amianto, tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Tabela 2. Destinação dos RCD de acordo com a resolução CONAMA N° 307

Classe	Destinação
Classe A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
Classe B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Grande parte do desperdício está relacionado com erros nos processos construtivos, que por algum motivo acabam por consumir maior quantidade de materiais, não sendo considerados como desperdício somente os materiais não aproveitados. Em todos os casos, a perda está relacionada à falta de preparo da mão de obra, e de uma etapa de planejamento e projetos melhor elaborados (DIAS, 2007). Tal perda de material pode ocorrer por furto ou extravio, excesso de materiais na obra e por entulho, que por sua vez, representa a maior parcela de perdas. O entulho é gerado principalmente nas etapas de produção e utilização do empreendimento (SOUZA, 2004).
Neto (2005), implementou um modelo de gestão de resíduos em 12 construtoras. Este plano começou com a fase de planejamento, estendendo-se à implementação do método, incluindo o treinamento do pessoal. Após, foi feita a avaliação por meio de relatórios e foram tomadas as

devidas ações corretivas para que se observasse o devido manejo dos resíduos. Verificou-se que os entrevistados passaram a se preocupar mais com o assunto, além de reduzir expressivamente a geração de resíduos. Ao contrário do que alguns previam, constatou-se também uma diminuição nos custos operacionais das obras.

Conforme estudo realizado pela CPLA (2012) foram coletadas informações referentes à gestão de resíduos em todos os municípios do estado de São Paulo. Dos 645 municípios pesquisados, apenas 348 responderam ao contato. Com esse levantamento, foi observado que muitos gestores não possuíam o devido conhecimento da legislação que rege o gerenciamento dos RCD, além de não conhecerem o Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Os autores verificaram que de todos os municípios estudados, apenas 65 possuem legislação aprovada e 76 estão em fase de elaboração de seu plano municipal, mostrando que os avanços são lentos nesse quesito. O Plano Municipal de Gestão de Resíduos segundo a resolução CONAMA Nº 307, se faz necessário para os grandes geradores de resíduos no setor da construção, devendo ser apresentados ao órgão responsável juntamente com os projetos da obra.

Piovezan (2007) realizou uma avaliação dos RCD gerados no município de Santa Maria – RS e constatou que, como a maioria dos municípios, Santa Maria não maneja seus RCD conforme as diretrizes da resolução CONAMA Nº 307. Isto se deve ao fato do município não possuir um local para a disposição final dos resíduos, além disso muitos geradores desconhecem e ignoram a atual legislação. Analisando as 4 empresas transportadoras de RCD, os chamados “tele entulhos”, o autor concluiu que juntas, estas transportam 3.184 m³/mês de resíduos. Verifica-se então uma geração *per capita* de 0,52 kg/hab. dia, número abaixo dos valores que são encontrados na bibliografia. Esta diferença segundo o autor se deu pelo fato de ter sido analisado apenas empresas licenciadas para fazer o transporte.

Neto (2005) propôs um modelo para diagnosticar a situação dos RCD nos municípios, analisando três quesitos: cálculo da geração de entulho por meio de áreas licenciadas nos últimos 04 anos; cálculo do movimento de cargas das empresas coletoras e cálculo do volume descartado nos aterros municipais em um período de quatro meses. Considerando estas fontes de dados é possível estimar a geração total de RCD no município, bem como sua produção *per capita*. Estes dados servem para subsidiar planos integrados de gerenciamento dos RCD, com base nas políticas ambientais e em conformidade com a Resolução CONAMA Nº 307.

A implantação da Resolução CONAMA Nº 307 entrou em vigor no ano de 2003, inicialmente no município de São Paulo, que por meio de seu plano municipal, implantou um instrumento de gestão ambiental de muito êxito. As medidas tomadas incluem áreas denominadas de “eco pontos”, que disponibilizam o descarte gratuito de até 1 m³ de RCD. São descartados resíduos como entulhos, madeiras, podas de árvore, grandes objetos e resíduos passíveis de reciclagem, estes ficando de forma segregada nos eco pontos até seu devido encaminhamento. Resíduos Classe A ficam em caçambas estacionárias, já os demais resíduos, até mesmo os volumosos, ficam separados em baias. Periodicamente os resíduos são encaminhados, seja para reciclagem, reutilização ou disposição final. Segundo o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de São Paulo, desde 2003, ano da implantação do primeiro eco ponto, o crescimento foi gradativo e satisfatório chegando, em 2013, a 18 ecos pontos implantados no município (PGIRS, 2014).

2. OBJETIVO

Diante do contexto já apresentado, o presente estudo tem como objetivo geral diagnosticar os instrumentos de gestão e gerenciamento de RCD utilizados pelos órgãos públicos no munícipio de Parobé-RS, afim de fornecer ferramentas para futura elaboração de um novo plano de gestão dos RCD e propor melhorias no manejo deste tipo de resíduo. Para tais objetivos, visou-se identificar os

mecanismos existentes de gestão e gerenciamento de RCD no município de Parobé, analisar as empresas que transportam esse tipo de material, áreas de disposição final e legislação municipal deste tipo de resíduo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para o desenvolvimento da metodologia aplicada nesse estudo, foi analisado o conhecimento dos profissionais atuantes no que tange os seguintes aspectos: regulamentação do transporte dos RCD, legislação municipal, mecanismos de gerenciamento existentes e locais de disposição final. Após, elaborou-se um plano de medidas para promover a melhoria na gestão e gerenciamento de RCD no município, baseada em necessidades e nas diretrizes da Resolução CONAMA Nº307.

A pesquisa baseou-se na avaliação da área de estudo no que diz respeito aos aspectos físicos, econômicos e sociais do município. Foram realizados diagnósticos do município sobre as ferramentas existentes e utilizadas na gestão de RCD, diagnósticos das empresas transportadoras de RCD licenciadas e propostas e medidas para o gerenciamento desse tipo de resíduo no município.

O diagnóstico sobre as ferramentas existentes e utilizadas na gestão de RCD foi realizado por meio de duas bases de dados. A primeira se refere a um questionário aplicado aos profissionais responsáveis pela fiscalização, conforme mostrado na figura 1, e o cumprimento das leis relacionadas à gestão de RCD. Já a segunda considerou dados extraídos do Plano Integrado de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos de Parobé (PIGRSUP, 2012), fornecidos pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

Por se tratar de um município de médio porte a secretaria conta com poucas pessoas para a realização de suas tarefas. Deste modo, quatro pessoas foram entrevistadas com questões relacionadas à gestão de RCD e ao manejo destes resíduos.

Para a realização do diagnóstico tanto das áreas de destinação final como das empresas transportadoras de RCD, foi utilizado o questionário da figura 1 aplicado aos profissionais e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (PIGRSUP), além de se realizar visitas nesses locais.

Figura 1: Questionário aplicado aos profissionais responsáveis pela fiscalização

1- Nome:
2- Idade:
3- Cargo:
4- Formação:
5- Ao seu conhecimento, quais os mecanismos de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) existentes no munícipio de Parobé?
6- A cidade possui um Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil, proposto na Resolução CONAMA 307 de 2002?
7- Existe alguma área destinada para a disposição dos RCD no Município?
8- As empresas de transporte (tele entulhos) de RCD são regulamentadas?
9- Existe alguma estação de triagem e reciclagem de RCD no município?
10- Quais são as medidas e ações que o município está atuando relacionada à gestão de RCD?
11- Quantas empresas e quais empresas fazem o transporte de RCD no município?

.

.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do diagnóstico das ferramentas de gestão e gerenciamento de RCD, empresas transportadoras, legislação ambiental municipal e áreas de destinação final, foi sugerida para a secretaria de planejamento do município propor a obrigatoriedade do pequeno e grande gerador de especificar e caracterizar, em um formulário padrão, os resíduos gerados em suas obras, para que somente assim, possa obter a licença de construção.

Com o intuito de obter dados para a realização de um futuro Plano de Gerenciamento de RCD, estimou-se, através do PIGRSUP, a geração de RCD em 12,3 t/dia. Considerando uma população de 55.056 habitantes, foi estimado uma geração *per capita* de 0,22 kg/hab.dia, ou 80 kg/hab.ano.

De acordo com os questionários definidos, as únicas ferramentas de gestão de RCD aplicadas no município são as de fiscalização do manejo, aplicação de multas e de orientação à população sobre a maneira correta de transportar e realizar a destinação final deste tipo de resíduo.

O município em estudo já possui um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos, implantado em 2012. Contudo, aborda todos os tópicos de forma superficial, não apontando medidas de melhorias, apenas dispondo de análises de caso. Os profissionais envolvidos que foram entrevistados, também não demonstraram um grande conhecimento sobre o assunto, isto devido ao fato de não existirem ações de implantação e operação de áreas de transbordo, aterros, estações de triagem e mecanismos de reciclagem.

Na cidade existe apenas uma empresa que faz a devida coleta de RCD, no entanto, conta com o apoio de duas outras empresas em cidades vizinhas. Tais empresas são regulamentadas, mas não possuem áreas licenciadas para o descarte do resíduo, e o que é gerado fica sob a responsabilidade do gerador. Quando os RCD são coletados pela administração pública, estes são dispostos em áreas para aterramentos ou em locais do próprio município. Conforme o Plano Integrado de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos de Parobé (PIGRSUP, 2012), a estimativa é que sejam coletadas 12 toneladas de RCD por dia.

Foi analisada a legislação municipal junto à Secretaria do Meio Ambiente e a Câmera de Vereadores do município de Parobé para verificar se existem incoerências entre a legislação e o que ocorre na prática. As seguintes contradições foram encontradas:

a) No Art. 3º da Lei 2715 são previstos planos de gerenciamento específicos para cada tipo de resíduo. Contudo não existe nenhuma especificação que trate somente os resíduos de construção e demolição. Há apenas um capítulo com os tópicos genéricos sobre o assunto no PIGRSUP;
b) No Art. 6º da mesma lei, são previstos que os Planos de Desenvolvimento e Plano Diretor apontem locais no município para o descarte final dos resíduos sólidos, e, através desta pesquisa, evidenciou-se a falta de uma área para execução de tal finalidade;
c) O Art. 10º da Lei 2715 aponta o órgão municipal como responsável por implantar programas de capacitação gerencial na área de resíduos, cadastramento de transportadores e locais para disposição final, além de incentivos para a instalação de usinas de triagem dos resíduos. Foi verificado, entretanto, que o munícipio está cumprindo apenas com o que diz respeito ao cadastramento dos transportadores.

Após a realização do estudo da gestão de RCD no município, foi constatado a não existência de um local licenciado para descarte final dos resíduos.

Sendo assim, levantou-se os procedimentos a serem considerados para a escolha de um local de disposição de RCD no município. A primeira medida a ser feita para a escolha do local de descarte é verificar as leis municipais que regem o uso do solo. Para isto, os rejeitos da construção civil foram enquadrados na Lei Municipal nº 1840/2001 - Plano Diretor do Munícipio, na sessão II - Da

classificação de Usos Urbanos, no item VIII – Uso especial. Assim, já se tem o conhecimento dos locais de possível descarte final.

No entanto, a Secretaria do Meio Ambiente constatou a presença de locais clandestinos para descarte, através de fiscalização e de denúncias feitas. Este descarte normalmente é realizado por carroceiros e particulares e pode levar a graves problemas ambientais, impasses de saneamento e disfunções sociais e econômicos. Durante o presente estudo, duas áreas de descarte clandestino foram encontradas no município, nos quais deparou-se com resíduos das classes A e B, além de sobras de cortes de árvores.

Analisando todas as respostas avaliadas junto aos profissionais atuantes na área de RCD no munícipio, através do questionário aplicado e com as informações retiradas do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos de Parobé, pôde-se perceber que já existe certa preocupação referente ao assunto, e que algumas medidas começaram a ser tomadas. Contudo, todos estes mecanismos estão em fase inicial e ainda precisam ser aprimorados. Na pesquisa, também foi detectada a inexistência de um plano de gestão específico para os RCD, o que justifica a elaboração deste estudo, que diagnosticou a situação atual, com objetivo de buscar conhecimento e ferramentas para elaboração de melhorias e, posteriormente, um plano de gestão.

Além disso, foi feita a análise por meio da Secretaria do Meio Ambiente e visto que as únicas ações que são tomadas atualmente são:

a) A orientação sobre os riscos de desastres ambientais que o descarte de resíduos inadequados pode gerar;
b) Fiscalização do manejo destes resíduos, que quando incorretos, seus geradores podem ser punidos através de multas.

Vale ressaltar que as autuações ocorrem apenas em casos de danos maiores ao meio ambiente, dificilmente atingindo o pequeno gerador. A secretaria do Meio Ambiente também exige uma declaração de destinação do resíduo ao gerador. No entanto, tal medida apenas é aplicada para resíduos industriais.

Fazendo uma análise crítica dos artigos da lei 2715, percebe-se que existem grandes lacunas sobre a gestão de RCD no munícipio, o que acarreta inúmeras possibilidades de intervenções e propostas a serem elaboradas. A partir de então, busca-se minimizar as perdas dos recursos naturais e até mesmo criar outros segmentos na indústria da cidade, através de estações de triagem e segregação dos RCD.

5. CONCLUSÃO

Assim como grande parte dos municípios, a cidade de Parobé também ainda não prevê uma disposição final adequado para os resíduos da construção civil e demolição, produzidos pela própria população, de acordo com as diretrizes propostas nas legislações vigentes, principalmente com a CONAMA Nº 307. Grande parte da ineficiência na gestão dos RCD ocorre pela falta de uma infraestrutura que crie condições mínimas para a aplicação de medidas corretas.

O município possui sistemas de transporte adequados através de empresas privadas licenciadas, mas não há uma área para disposição final, e ainda existe um desconhecimento sobre leis e normas técnicas, tanto por parte do órgão público responsável quanto dos geradores.

Com a criação de uma área de disposição final licenciada pela prefeitura, é provável que o problema de locais com descarte clandestino seja sanado. A legislação municipal encontra-se de acordo com as leis do âmbito federal, embora na prática, a maior parte de seus objetivos e diretrizes não estejam sendo cumpridos.

As propostas de gestão recomendadas nesse trabalho objetivam inicialmente a curto, médio e longo prazo a integração e a conscientização de todos os envolvidos na gestão dos RCD, tanto os

geradores, transportadores e o órgão público municipal. Desta forma acredita-se que a capacitação de todos os envolvidos seja necessária, para que assim, tenha-se condições de elaborar um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (PIGRCD).
Por fim conclui-se que qualquer sistema de gestão alcançará seus objetivos de minimização da geração, reutilização e reciclagem se o órgão público municipal criar mecanismos de divulgação, conscientização e principalmente um sistema de fiscalização eficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V. **Números dos desperdícios**. Revista Téchne, São Paulo: Editora Pini, n. 53, p. 30-33, agosto de 2001.

BRASIL, Lei Municipal 2715, de 12 de Janeiro de 2009. **Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos de limpeza pública urbana, em Parobé, nos termos do artigo 247, parágrafo 3º, da Constituição do Estado, da Lei estadual nº 9.921, de 27 de julho de 1993, e Decreto Estadual nº 38.356/98 e dá outras providências**. Parobé, 12 Jan.2009.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Brasília-DF.

DIAS, J.F. **Avaliação de Resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo**. São Paulo, 2004. 268 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo,2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico (PNSB) de 2000.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de agosto de 2014.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo - SP, 2000. 102p.

JOHN, V. M. **A construção, o meio ambiente e a reciclagem.** Artigo. São Paulo: PCC-EPUSP. Disponível em <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>. Acesso em: 10 de setembro de 2014

JOHN, V.M.; AGOPYAN , N. **Reciclagem de Resíduos da Construção**. Artigo. São Paulo: PCC-EPUSP. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>. Acesso em: 15 de novembro de 2014.

NETO, J. da C.M. *Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil*. São Paulo: RiMA, 2005. 162p.

PALIARI, José C. et al. **Avaliação das perdas de concreto usinado nos canteiros de obras.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO,9.,2002, Foz do Iguaçu. São Paulo: ANTAC, 2002. CD-ROM.

PIOVEZAN J.T.A. **Avaliação dos Resíduos da Construção Civil (RCC) Gerados no Município de Santa Maria**. Santa Maria, 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo.** São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br>. Acesso em 05 jun.2015.

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE/COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Habitação Sustentável**. Tajiri, Christiane Aparecida Hatsumi;Cavalcanti, Denize Coelho; Potenza, João Luiz. – São Paulo: SMA, 2010. (Cadernos de Educação Ambiental)

SCHNEIDER, D.M.; PHILIPPI Jr., **A. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo.** Ambiente Construído, Porto Alegre, 2004.

SOUZA, U.E.L. et al. **Diagnóstico e combate a geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva.** Ambiente Construído. Porto Alegre., v. 4, n. 4, p. 33-46. Outubro/Dezembro 2004.

47. GESTÃO DE RESÍDUOS DE GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO

BARZOTTO, Mateus Vuaden [2] (mateusbarzotto@gmail.com); BORDIN, Fabiane[1,2] (fabianebor@unisinos.br); MÜLLER, Vinicius[1,2] (vmullerm@outlook.com); ANSCHAU, Mônica[1,2] (monicamanschau@gmail.com); SCALCO, Leonardo[1,2] (leonardoscalco1996@gmail.com); GORKOS, Paola[1,2] (pgorkos@hotmail.com)*

[1] VIZLab – Advanced Visualization Laboratory, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
[2] Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
O gesso é um material amplamente utilizado na construção civil. Por isso, a preocupação com a grande quantidade de resíduo que é gerada deste material não inerte vem se intensificando. A partir do ano de 2011, a resolução n. 431 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) passou a incluir os resíduos de gesso na classe B, resíduos recicláveis para outras destinações, sendo assim, responsabilidade do gerador o correto gerenciamento destes resíduos. Este trabalho visou estimar o consumo de gesso, além de caracterizar e avaliar a gestão desses resíduos para a execução do revestimento de pasta de gesso em duas obras residenciais de grande porte, localizadas nos municípios de Sapucaia do Sul e Porto Alegre. Além disso, foi realizado um estudo comparativo de aspectos econômicos e ambientais dessas obras. Diagnosticou-se as diferentes causas da geração desse resíduo, para, posteriormente, propor possíveis alternativas para a gestão dos mesmos. Tratou-se nesta pesquisa, tanto a questão da diminuição na geração, como alternativas de reaproveitamento e destino final. Dentre os resultados, foi visto que ocorreu o uso excedente de até 44% de gesso e desperdício de até 32% do material. Cabe salientar que, na maioria das aplicações do gesso, foi possível propor sugestões simples para a redução da quantidade de resíduos gerados.
Palavras-chave: Gesso de construção civil; Resíduos da construção civil; Gestão de resíduos

MANAGEMENT OF WASTE OF PLASTER IN CIVIL CONSTRUCTION: A CASE STUDY

ABSTRACT
Plaster is a material widely used in civil construction. The concern with the large amount of waste that is generated from this non-inert material has been intensifying. From the year 2011, the Resolution n. 431 of Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) now includes the waste of plaster in class B, recyclable waste to other destinations, thus the correct management of the waste is responsibility of the generator. This work aimed to estimate the consumption of plaster, and also to characterize and evaluate the management of these wastes to the execution of the gypsum slurry coating in two large buildings, in the cities of Sapucaia do Sul and Porto Alegre. Besides, was done a comparative study of economic and environmental impacts of the buildings. The different causes of the generation of this waste was diagnosed, to posteriorly make a study with the proposition of possible alternatives of management of the same. This research presents the issue of decreasing in

generation as reutilization and final destination alternatives. Among the results, it was observed surplus use of plaster up to 44% and waste of the material up to 32%. It should be noted that, in the most applications of plaster, it was easily possible decrease the quantity of waste generated.
Keywords: Plaster in civil construction; Civil construction waste; Waste management

1. INTRODUÇÃO

O gesso de construção é caracterizado pelo pó obtido da calcinação e da moagem da gipsita, que é constituída predominantemente de sulfato de cálcio. Além disso, pode conter aditivos controladores do tempo de pega. (ABNT, NBR 13207/1994). É um dos materiais de construção mais antigos usados pelo homem, sendo verificada sua aplicação desde o 8º milênio a.C. (MUNHOZ; RENOFIO, 2007). Mesmo sendo um material há muito usado na construção civil, de acordo com a DRYWALL (2009), somente na década de 1990 seu uso foi difundido no Brasil, sendo muito utilizado em revestimentos internos com a utilização da pasta de gesso, em vedações internas em edificações, com o uso da tecnologia *drywall* e também como material de fundição, como placas de forro, sancas e molduras (Figura 1).

Segundo John e Cincotto (2010), o revestimento em pastas de gesso tem grande mercado, pois o gesso se hidrata rapidamente, encurtando o período entre a aplicação e o acabamento com pintura, permitindo o aumento da velocidade da obra com a simplificação do processo. Ainda segundo os autores, a confecção da pasta é regida por dois fatores básicos: a necessidade de reologia adequada para aplicação sobre a base e o tempo útil, sendo esse o tempo em que a reologia é mantida. Tradicionalmente essa preparação é feita pelo gesseiro que define a relação água/gesso com base em sua experiência.

Figura 1. Revestimento de pasta de gesso



Fonte: DRYWALL (2009, p. 9).

Devido a sua versatilidade, fácil aplicação, baixo custo e bom acabamento, o gesso vem sendo cada vez mais utilizado, e consequentemente são gerados cada vez mais resíduos. Segundo Pinto (1999), 50% do volume de resíduos sólidos produzido pelos centros urbanos provém da construção civil, enquanto Nascimento e Pimentel (2010) reforçam que 4% desse volume sejam de produtos de gesso.

A gestão ambiental de um canteiro de obras não visa apenas cumprir a legislação, mas gerar qualidade, produtividade, contribuir para a diminuição de acidentes de trabalho e reduzir os custos do empreendimento e da destinação dos resíduos (DRYWALL, 2009). Em 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão do governo que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, implantou a Resolução n. 307, que estabeleceu as normas e procedimentos para a correta disposição dos resíduos da construção civil. Esta Resolução apresenta uma série de ações, definições de responsabilidades e deveres devendo ser obedecidos pelos geradores de resíduos, alertando ainda que são os geradores dos resíduos os responsáveis pelos mesmos (CONAMA, 2002).

Em 2011, houve uma alteração na Resolução 307, na qual o gesso, que era classificado como resíduo de classe C (sem alternativas tecnológicas ou economicamente viáveis de reciclagem), passa a ser resíduo de classe B, sendo classificado como resíduo com possiblidade de reciclagem para outras destinações; ao lado de materiais como o plástico, metais e vidros (CONAMA, 2011).

Com o objetivo de estabelecer a Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi instituída a Lei n. 12.305/2010, que informa que é responsabilidade das empresas da construção civil elaborar, implementar e operacionalizar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelo SISNAMA. O plano deve ser previamente aprovado por órgão competente, sendo parte integrante do processo de licenciamento ambiental de empreendimentos (BRASIL, 2010). Dessa forma, buscou-se aqui elaborar um modelo de gestão para este tipo de resíduo, com base na legislação vigente, demonstrando que seguir esse modelo pode promover economia no canteiro de obras e também gerar indicadores quantitativos de perdas, no caso de a gestão não ser satisfatória.

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi realizar um diagnóstico e propor melhorias sobre o sistema de gestão de resíduos da execução de acabamentos em gesso de duas obras da cidade de Porto Alegre - RS. Tanto o diagnóstico como a proposta de melhorias foram baseados na caracterização do consumo do material e na avaliação das práticas de gestão adotadas pela empresa.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Inicialmente realizou-se uma breve pesquisa bibliográfica a fim de coletar informações sobre o assunto, levando os dados obtidos ao longo de todo o desenvolvimento do trabalho. Nessa etapa foram pesquisados os diferentes métodos de execução de acabamentos em gesso, bem como os resíduos gerados em sua aplicação. Também foi pesquisada uma sistematização do gerenciamento de resíduos da construção civil para as distintas aplicações do gesso, enquanto, simultaneamente, se identificavam alternativas para essa gestão.

O estudo de caso foi realizado em duas obras – nomeadas nessa pesquisa como obras A e B – de padrão “C” do programa governamental Minha Casa Minha Vida. A obra A, localizada na cidade de Porto Alegre, consistiu em duas torres, cada qual com sete pavimentos, e oito apartamentos por pavimento. Já a obra B, consistiu em treze torres, com cinco pavimento cada uma, e oito apartamentos por pavimento, sendo essa localizada na cidade de Sapucaia do Sul. Os dois empreendimentos foram realizados com blocos cerâmicos de alvenaria estrutural e revestidos com pasta de gesso. O revestimento foi objeto do estudo no âmbito da caracterização do consumo e da estimativa de resíduos gerados por metro quadrado revestido. Cabe aqui salientar que nas obras avaliadas, foi utilizado somente o revestimento na forma de pasta de gesso, de modo que este estudo está construído unicamente sobre essa maneira de aplicação do gesso. O diagnóstico foi realizado por meio do acompanhamento das práticas de gerenciamento diretamente nas obras,

quando da execução dos acabamentos em gesso e, nos documentos na empresa. Além do acompanhamento da execução do serviço, a pesquisa também se apoiou na análise do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) em vigor e de uma Licença de Instalação, contendo os dados do transportador de resíduos e o responsável pelo destino, ambos disponibilizados pela empresa.

O primeiro passo da coleta dos dados foi quantificar o consumo de sacos de gesso de 40kg, dado fornecido pelo controle de liberação de materiais da empresa. Já para a caracterização dos resíduos foram contabilizadas as caçambas estacionárias de coleta de entulho com 4m³, e o volume de resíduos foi medido com trena aferida pelo Inmetro, porém, devido à falta de segregação dos resíduos, foi necessário quantificar os resíduos gerados através de controle das saídas de resíduos de gesso. Na pesquisa, estão abordadas as perdas que ocorrem no canteiro de obras, tanto as que saem em forma de entulho, quanto as que ficam incorporadas à obra. Entretanto, apenas o entulho em forma de pasta de gesso endurecida terá nesse trabalho sua gestão avaliada para a elaboração da proposta de melhorias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise e discussão dos resultados relaciona os objetivos propostos, assim, estão apresentados na sequência a caracterização do consumo de gesso, bem como a geração de seus resíduos, a avaliação das práticas de gestão utilizadas pela empresa e uma proposta de melhoria. Também estão descritas medidas que buscam a adequação da gestão de resíduos com a legislação vigente.

Para o orçamento da obra, foi estimado pela empresa um índice de uso de gesso a cada metro quadrado de revestimento no valor de 7kg/m², índice médio de consumo em suas obras. A pesquisa encontrou um índice de 9,53kg/m² de consumo para a obra A e 10,09kg/m² para a obra B. Na tabela 1 pode-se verificar o uso excedente de gesso em relação ao previsto pela empresa.

Tabela 1. Consumo estimado X Consumo real

Obra	Área de gesso / torre (m²)	Consumo estimado (kg/m²)	Qtde estimada de gesso / torre (sacos)	Consumo real (kg/m²)	Qtde real de gesso / torre (sacos)	Sacos de gesso usados a mais (Un.)	Gesso usado a mais (%)
A	7.219,85	7	1.263,47	9,53	1720	456,53	36
B	4.727,06	7	827,24	10,09	1192	364,76	44

Em relação ao impacto financeiro causado pelo gesso excedente, foi calculado o custo estimado da execução do acabamento e, comparado ao orçamento total da obra, foi analisado o aumento em relação ao valor orçado. Para o cálculo do custo do saco de gesso e do serviço de aplicação foram tomadas como base as datas de setembro de 2012 e janeiro de 2013 para as obras A e B, respectivamente. Os valores obtidos estão todos apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Custo estimado X Custo real

Obra	Valor saco de gesso (R$)	Valor estimado serviço de aplicação por m² (R$)	Orçamento total da obra (R$)	Orçamento do gesso (R$)	Valor total aplicação do gesso (R$)	Valor excedente (R$)	Gesso excedente em relação ao orçamento (%)
A	14,90	9,50	8.150.204,76	174.826,56	188.433,15	13.604,59	0,17
B	14,95	11,00	29.417.220,33	836.743,67	907.634,78	70.891,11	0,24

Quanto aos índices de resíduo gerado, dividiu-se o total de resíduo gerado pela área executada, encontrando-se, na obra A, um índice de 0,0034m³/m², e, na obra B, um índice de 0,0021m³/m². Com base nesses dados, e nos custos de coleta, transporte e recebimento da caçamba, foram verificados os custos com os resíduos em ambas as obras. Os valores totais de gastos com os resíduos podem ser vistos na tabela 3. Como o índice utilizado foi em m³/m², pesquisou-se a densidade aparente do gesso para encontrar o seu peso, chegando ao valor de 900kg de gesso/m³ de resíduo (fonte: www.valegesso.com.br, acesso em 14 de Maio de 2014). Para a obra A, foi encontrado um valor de 3,02kg de resíduo de gesso/m² de revestimento, enquanto, na obra B, o valor foi de 1,91kg/m². Esses valores mostram uma perda de gesso na forma de entulho nos valores de 32% na obra A e 19% na obra B.

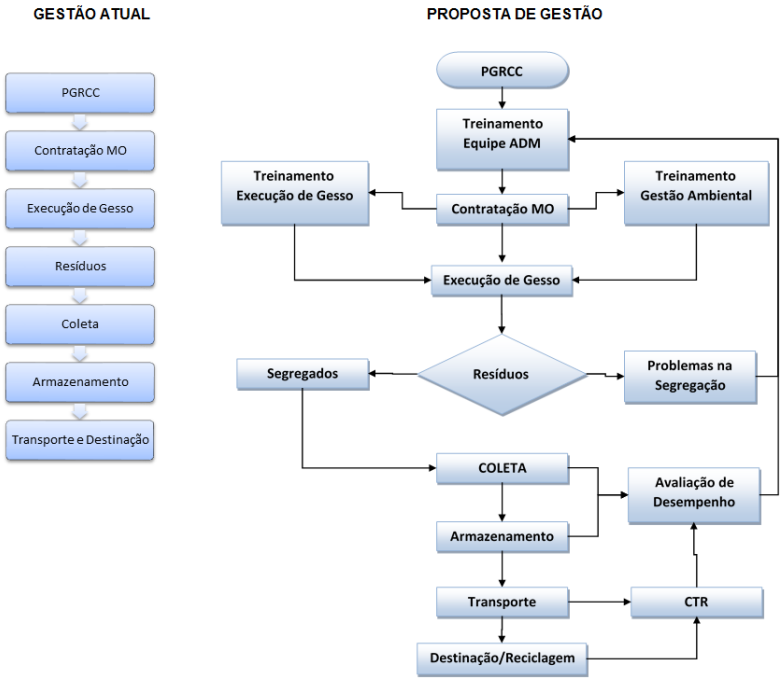
Tabela 3. Quantidade de resíduo gerado

Obra	Área executada (m²)	Resíduo gerado (m³)	Resíduo (m³/m²)	Resíduo (kg/m²)	Resíduo (%)	(*) (R$)	(*) / m² (R$)	(*) total (R$)
A	1343,2	4,47	0,0034	3,02	32	321,00	0,27	3.856,21
B	1889,6	4,00	0,0021	1,91	19	321,00	0,17	10.439,07

* Valor de locação, transporte e recebimento de uma caçamba estacionária de 4m³

Para a avaliação do PGRCC a pesquisa realizada coletou o modelo de plano vigente na empresa, embora tenha percebido que os resíduos de gesso estão caracterizados com Tipo C, o que representa um PGRCC desatualizado. A gestão atual encontrada é representada pelo fluxograma na figura 2, bem como uma alternativa proposta.

Figura 2. Fluxogramas da gestão atual e proposta de resíduos



Fonte: O autor (2015).

A partir do fluxograma é possível verificar que a empresa não possui atividades de avaliação, controle ou segregação dos resíduos e que sua mão de obra não recebe um treinamento para esta atividade. A figura 3 demonstra a coleta e o armazenamento dos resíduos realizado pela empresa.

Figura 3. Coleta e armazenamento em vigor na empresa



Fonte: O autor (2015).

São descritas a seguir algumas ações que poderão vir a contribuir em questões que se referem, por exemplo, ao desperdício, à deposição, ao transporte e à destinação de material, tanto nessa, quanto em possíveis novas obras. Baseando-se no modelo de gestão apresentado pelo SINDUSCON-SP (2005), serão descritas medidas que visam a melhoria e a adequação da gestão de resíduos com a legislação vigente. Entre as sugestões propostas, muitas são de simples execução, como reelaboração de práticas adotadas da empresa e treinamento da mão de obra.

Como medida técnica, a primeira etapa será a revisão ou a reelaboração do PGRCC, buscando melhorar a gestão dos resíduos e procurando, também, atender os requisitos legais. Segundo o Art. 4º da Resolução 307/2002 do CONAMA, p. 4, “os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos, e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. Também é de grande importância o uso de retardadores de pega e a orientação e a seleção da mão de obra, visto que a aplicação do material gera grandes desperdícios devido ao rápido tempo de pega do gesso.

Em relação ao armazenamento e ao transporte interno de resíduos, o sistema de condutor gravitacional para transporte interno até as caçambas de coleta está adequado. Entretanto, não existe segregação dos resíduos antes da coleta e do transporte interno, impossibilitando a reutilização dos resíduos de gesso.

Além das medidas descritas acima, atividades de treinamento e sensibilização para todos os colaboradores buscam minimizar a geração de resíduos, otimizar a segregação e reduzir as perdas por armazenamento e transporte indevidos. Tais atividades podem ser realizadas através de dinâmicas de grupos, jogos empresariais, apresentações teatrais, exibições de vídeos, gincanas, dentre outras atividades semelhantes, sempre com temas relacionados ao PGRCC. Além disso, é fundamental gerar evidências como, por exemplo, comprovantes de treinamento e listas de presença, além de demonstrar a importância da colaboração de cada um e do trabalho em equipe.
Realizadas as medidas técnicas e os treinamentos com os envolvidos, é necessário tomar decisões voltadas à gestão dos resíduos. Para isso, é imprescindível o preenchimento do Controle de Transporte de Resíduos (CTR), buscando identificar e quantificar o resíduo coletado. Com o preenchimento periódico de CTRs, é importante realizar um acompanhamento por meio de planilhas de controle. Deve também ser definida uma equipe responsável por acompanhar a gestão e o controle das planilhas de saída, a reutilização de resíduos, os comprovantes de transporte de resíduos e o arquivamento dos documentos e das licenças ambientais das empresas contratadas.
Como forma de gestão, seria necessário estabelecer indicadores que sejam periodicamente acompanhados e que demostrem a evolução da gestão. Para acompanhar e analisar esses indicadores, é ideal montar um *check-list* de atendimento ao PGRCC com sistema de pontuação, permitindo, assim, avaliar em percentual a conformidade da obra com o plano. O primeiro indicador seria sobre a eficiência da segregação, definida pela porcentagem de resíduos segregados em relação aos resíduos gerados, permitindo avaliar o desempenho da gestão de resíduos da obra. O segundo item seria a adequação do fluxo de resíduos, resultado de inspeções periódicas desse fluxo, o que compete às etapas de segregação, organização e armazenamento final de cada tipo de resíduo. O terceiro item, seriam os resultados de inspeções periódicas sobre a emissão e sobre o arquivamento da documentação relacionada aos resíduos. Por último, o quarto item seria sobre o cumprimento das atividades de educação ambiental descritas acima.
Posteriormente, deverão ser tratadas as questões referentes à reutilização, reciclagem e destinação final dos resíduos. A solução proposta para melhoria da gestão verificada nessa pesquisa seria a contratação de uma empresa especializada na reciclagem de resíduos de gesso, o que atende aos critérios de sustentabilidade do CONAMA. Todas essas medidas acima citadas poderiam auxiliar na manutenção e no controle do gerenciamento de resíduos, desde que acompanhadas por um responsável. Cabe aqui salientar que o sucesso da gestão de resíduos em canteiro de obra está diretamente associado ao comprometimento da equipe administradora da obra.
Nas duas obras analisadas, o valor orçado para o gesso foi superado pelo valor real gasto. Verificou-se, também, que o consumo de gesso está acima do estimado pela literatura, visto que Souza (2009) estimou o consumo de gesso para revestimento desempenado entre 3,4 e 8,7kg/m² revestido. O menor valor de consumo encontrado pela pesquisa é de 9,53kg/m², sendo muito provável que esse alto valor seja reflexo da ineficiente gestão de resíduos feita pela empresa. Já a estimativa de geração de resíduos encontrada na literatura é similar aos valores encontrados nas obras aqui avaliadas. Foi visto aqui uma geração de resíduos máxima de 3,02kg/m² e uma perda máxima de material de 32%. Segundo Meriguetti (2008, apud BARZOTTO, 2015), a estimativa de geração é de 2,99kg de resíduo/m² revestido, em construções de obra padrão classe “A” de acabamento, e conforme Sá e Pimentel (2009) as perdas por resíduos são próximas a 30%.
Os resultados mostram índices de consumo e de perdas respectivamente maiores e menores do que os estimados na literatura. Isso pode ocorrer devido às perdas durante o transporte de material do estoque ao local de execução, na própria estocagem, ou ainda em perdas incorporadas à execução, como, por exemplo, o aumento da espessura da camada de revestimento. É também

possível, devido à pobre gestão, que parte dos resíduos de gesso tenham sido destinados junto com outros materiais e não tenham sido aqui contabilizados.

5. CONCLUSÃO

Conforme estabelecido inicialmente, o objetivo desse estudo foi a caracterização do consumo de gesso e a geração de seus resíduos em duas grandes obras, além de avaliar a gestão desses resíduos por parte da empresa. Foi identificado que o PGRCC está desatualizado em relação a Resolução 431/2011 do CONAMA, que classifica os resíduos de gesso como recicláveis, enquanto, no plano da empresa, ele está classificado como resíduo classe C, o que demonstra falta de atenção ao correto gerenciamento e descarte deste resíduo, além de descumprimento da legislação ambiental brasileira. Cabe salientar que, na maioria das aplicações do gesso, é possível reduzir a quantidade de resíduos através de simples medidas preventivas de controle da execução dos serviços, treinamento da mão de obra e sinalizações referentes à gestão de resíduos.

A segregação de resíduos é outro ponto crítico, pois não ocorre de forma adequada, o que dificultou até mesmo a caracterização deles. Foi verificado que seria possível promover uma grande melhora no sistema de gestão dos resíduos de gesso com um ajuste no PGRCC, treinamento e capacitação da mão de obra, segregação dos resíduos, controle de transporte de resíduos adequados e designação do resíduo de gesso a um receptor registrado dando a destinação final correta, adequando-se, portanto, à legislação.

Assim, a gestão dos resíduos de gesso na construção civil é uma prática de grande importância tendo-se em vista as consequências ambientais e financeiras negativas geradas pelo não gerenciamento dos resíduos deste material. É dever, tanto das empresas construtoras, quanto dos responsáveis por obras informais, que utilizam materiais em gesso administrar esses resíduos gerados da mesma forma com que administram os demais resíduos da construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13207: Gesso para construção civil – especificação. Rio de Janeiro, 1994.

BARZOTTO, M. V. Gestão de resíduo de gesso na construção civil: Um estudo de caso. 2015 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Unidade Acadêmica de Graduação, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2015.

BRASIL. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 10 dez. 2013.

_____. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 8 dez. 2014.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 307, de 17 de julho de 2002. Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em:14 mar. 2017.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3° da Resolução n. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>. Acesso em: 2 out. 2014.

DRYWALL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. Resíduos de gesso na construção civil: coleta, armazenagem e destinação para reciclagem. São Paulo, 2009.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Gesso de Construção Civil. In: ISAIA, G. C. (Ed.). Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: Ibracon, 2010. p. 749-750. v. 1.

MUNHOZ, F. C.; RENOFIO, A. Uso da gipsita na construção civil e adequação para a P+L. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27, 2007, Foz do Iguaçu. Anais Eletrônicos... Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650479_9888.pdf>. Acesso em: 13 out. 2014.

NASCIMENTO, F. J. F.; PIMENTEL, L. L. Reaproveitamento de resíduo de gesso. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUC-CAMPINAS, 15, 2010, Campinas. Anais Eletrônicos... São Paulo: PUC-Campinas, 2010. Disponível em <https://www.puc-campinas.edu.br/websist/portal/pesquisa/ic/pic2010/resumos/2010924_101439_502012254_resiaL.pdf>. Acesso em: 13 out. 2014.

PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999 218 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

SINDUSCON-SP, Sindicato da indústria da construção civil no estado de São Paulo. Gestão ambiental de resíduos da construção civil: A experiência do SINDUSCON-SP. 1 ed. São Paulo, 2005.

SÁ, N. H. R.; PIMENTEL, L. L. Avaliação do desperdício de gesso aplicado como revestimento. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUC-CAMPINAS, 14, 2009. Disponível em: < http://wl.sis.puc-campinas.edu.br/websist/portal/pesquisa/ic/pic2009/resumos/%7BE9CD2B5D-F91D-4DF5-9B66-1A84D7E43A85%7D.PDF>. Acesso em: 25 nov. 2016.

SOUZA, U. E. L. Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo. Pini, 2009.

48. ESTUDO DO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO EMPREGANDO *TYPHA* EM *WETLANDS*

*BORDIN, Fabiane**[1,2] (fabianebor@unisinos.br); GOMES, Luciana Paulo[2,3] (lugomes@unisinos.br); GORKOS, Paola[1,2] (pgorkos@hotmail.com); MÜLLER, Vinicius[1,2] (vmullerm@outlook.com); ANSHAU, Mônica[1,2] (monicamanshau@gmail.com); SCALCO, Leonardo[1,2] (leonardoscalco1996@gmail.com)*

[1] VIZLab – Advanced Visualization Laboratory, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

[2] Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

[3] Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

O lixiviado de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos é resultado da interação entre o processo de biodegradação da fração orgânica desses resíduos e da infiltração de águas pluviais que solubilizam componentes orgânicos e inorgânicos. Para a realização do tratamento do efluente em questão, buscam-se soluções tecnológicas eficientes e de baixo custo, de forma a atender as exigências da maioria das comunidades brasileiras. As técnicas usuais para tratamento do lixiviado, principalmente lagoas, apresentam uma deficiência na remoção de nutrientes tais como nitrogênio e fósforo. Neste aspecto acredita-se que unidades do tipo *wetlands* possam ser uma solução eficaz para o tratamento do lixiviado, minimamente de forma complementar a outros sistemas prévios (aeróbios e/ou anaeróbios). Para este estudo, foram construídos dois *wetlands* de 1,8 m³ cada, sendo que o gênero vegetal escolhido foi a macrófita *Typha*. Dois *wetlands* de fluxo horizontal foram estudados: um com emprego de *Typha* e outro sem. O tratamento do efluente foi feito por meio da diluição do lixiviado no esgoto em diferentes percentuais de incorporação, variando de 8 % a 100 %. Foi estudada a eficiência de remoção de matéria orgânica carbonácea, nitrogênio amoniacal e fósforo do efluente e verificado o atendimento aos padrões de emissão exigidos pela legislação brasileira. Os resultados obtidos neste estudo demonstram boa adaptação na etapa de aclimatação das plantas com 0,5 % a 2 % de lixiviado no esgoto. Quanto ao tratamento dos efluentes, os resultados demonstram que mesmo para altas concentrações contidas no lixiviado, os *wetlands* removeram até 56 % de nitrogênio amoniacal e até 67 % de fósforo. Estatisticamente, não houve diferenças significativas entre os *wetlands* com e sem *Typha*. Para as condições estudadas, o efluente de saída das unidades de tratamento ainda não atende aos padrões de lançamento exigidos pela legislação.

Palavras-chave: *Wetlands;* Tratamento de lixiviado; *Typha.*

STUDY OF SANITARY LANDFILL LEACHATE USING *TYPHA* IN WETLANDS

ABSTRACT

Urban solid waste sanitary landfill leachate results from the interaction between the biodegradation process of the organic portion of such wastes and stormwater percolation, that solubilizes both organic and inorganic components. In an effort to promote leachate treatment, efficient and low cost,

technological solutions are sought in order to fulfill the demands of most Brazilian communities. The regularly applied techniques used in leachate treatment, mainly lagoons, present a nitrogen and phosphorus nutrient removal deficiency. In this respect, wetlands are seen as a possibly efficient solution for leachate treatment, at least as a complement to pre-treatment systems (aerobic and/or anaerobic). Wetlands measuring 1,8 m³ were built using a macrophyte plant of the genus *Typha*. Two wetlands with a horizontal flow were studied: the first using *Typha*, and the second without any plants. Wastewater treatment was conducted by leachate dilution into the sewage in different added percentages, ranging from 8 % to 100 %. The wastewater carbonaceous organic matter, ammoniacal nitrogen and phosphorus removal efficiency were studied and compliance with the standards prescribed by Brazilian regulations. The obtained results of this study demonstrate a good adaptation during the plants' acclimation with 0,5 % to 2 % leachate in the sewage. Regarding the leachate treatment, even for high concentrations present in them, wetlands remove up to 56 % for ammoniacal nitrogen and 67 % for phosphorus. Statistically, was not significant difference between the wetland with and without plants. Under the studied conditions, the treatment units discharge points still do not comply with the standards prescribed by laws and regulations.
Keywords: Wetlands; Leachate treatment; *Typha.*

1. INTRODUÇÃO

O constante crescimento das populações urbanas e a forte industrialização têm como consequência o aumento na demanda de água, o que vem causando o aumento da geração de resíduos sólidos e efluentes. Associada a uma falta de investimentos no setor de saneamento e limitação técnica, a geração crescente de resíduos sólidos leva à propagação da disposição dos resíduos em locais sem planejamento prévio.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU), em sua maioria, são destinados para aterros sanitários. Nestes locais, uma questão a ser resolvida trata do gerenciamento dos líquidos gerados no processo, e a necessidade premente para assegurar o correto atendimento à legislação ambiental. O lixiviado de aterros de resíduos sólidos é resultado da interação entre o processo de biodegradação da fração orgânica desses resíduos e da infiltração de águas pluviais que solubilizam componentes orgânicos e inorgânicos. Para realizar tal tratamento, buscam-se soluções tecnológicas eficientes e de baixo custo, de forma a atender às exigências da maioria das comunidades brasileiras.

Segundo Beltrão (2006), o lixiviado é um líquido com grandes concentrações de matéria orgânica e nutrientes (nitrogênio e fósforo), sendo essas concentrações variáveis e dependentes diretamente da composição do resíduo gerado e da idade do aterro. O gerenciamento inadequado do lixiviado pode acarretar na poluição do solo, das águas superficiais e das águas subterrâneas. Além disso, a descarga do lixiviado nas águas provoca a elevação da carga orgânica, tornando o ambiente impróprio para a sobrevivência dos seres vivos. Sendo assim, o lixiviado deve passar por um processo de tratamento para que sejam minimizados os riscos de contaminação, antes que sejam lançados em cursos d'água ou dispostos no solo.

As técnicas usuais para tratamento do lixiviado, principalmente as lagoas, apresentam uma deficiência na remoção de nutrientes tais como nitrogênio e fósforo, não atendendo assim aos padrões de emissão exigidos pela legislação brasileira. Neste aspecto acredita-se que unidades do tipo *wetlands* possam ser uma solução alternativa eficaz para o tratamento do lixiviado, de forma complementar a outros sistemas prévios (aeróbios e/ou anaeróbios).

Os *wetlands* são sistemas naturais projetados sob critérios de engenharia e eram empregados inicialmente no tratamento de esgotos. Estes sistemas de tratamento foram projetados e construídos para o tratamento de efluentes domésticos e industriais, visando principalmente a

decomposição da matéria orgânica e a remoção das formas de nitrogênio e fósforo por meio da transformação e absorção direta por plantas macrófitas aquáticas (COOPER; FINDLATER, 1990).
As macrófitas são importantes fontes de energia e matéria para as cadeias alimentares em ecossistemas aquáticos. Além disso, propiciam abrigo para reprodução e proteção de organismos aquáticos e pássaros, retiram o excesso de substâncias tóxicas na água, promovem a heterogeneidade espacial e temporal no corpo hídrico, protegem as margens do corpo hídrico contra o processo erosivo, e favorecem assim a biodiversidade biológica e de outros organismos aquáticos (AGEVAP, 2007).
Um exemplo de plantas macrófitas utilizadas em *wetlands* é a *Typha.* Vulgarmente conhecida por Taboa, é uma planta pertencente à família *Typhaceae*, originária da América do Sul. É uma planta daninha aquática encontrada frequentemente em margens de lagos, lagoas ou represas, canais de drenagem e baixadas pantanosas em geral. Plantas de *Typha* absorvem metais pesados, inclusive o cobre, podendo contribuir para o saneamento ambiental (Kissmann, 1997).
Estudos realizados em diferentes Instituições e Universidades no Brasil e no mundo indicam resultados promissores na aplicação dos *wetlands* para tratamento de efluentes (MEIRA *et al.*, 2001; SOUSA *et al.*, 2004; TONIATO *et al.*, 2005; BRASIL *et al.*, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2007; SUN; AUSTIN, 2007; ESCOSTEGUY *et al.*, 2008; CALIJURY *et al.*, 2008; YALCUK; UGURLU, 2009; VON SPERLING *et al.*, 2009).

2. OBJETIVO

Este trabalho objetiva o estudo de *wetlands* como unidade de pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário, comparando a eficiência do sistema com e sem o uso de plantas macrófitas do gênero *Typha*. Para isso, acompanhou-se o desenvolvimento das plantas durante a etapa de aclimatação nos *wetlands* e se avaliou o processo de tratamento realizado, em relação à eficiência de remoção de matéria orgânica carbonácea e nutrientes (nitrogênio amoniacal e fósforo) quando operados com diferentes misturas de lixiviado e esgoto sanitário pré-tratados.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O objeto de estudo constitui a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Diariamente, são lançados cerca de 190.000 m³ de esgoto doméstico nesta malha hídrica. Contudo, apenas 5 % destes efluentes são tratados, sendo esta a principal causa da condição atual da qualidade das águas da Bacia. Segundo classificação CONAMA Resolução 357/2005, 50 % de sua extensão se encontra na classe 4 (FEPAM, 2009).
A pesquisa experimental desenvolveu-se nas seguintes etapas: (1) construção dos *wetlands*; (2) aclimatação das plantas; e (3) monitoramento do processo de tratamento do lixiviado consorciado com esgoto.
Os *wetlands* construídos operaram com fluxo superficial de escoamento horizontal. Estes foram preenchidos com uma camada de pedras (brita 5), pois segundo a bibliografia, é a mais utilizada como meio suporte em filtros. Uma das unidades operou com macrófitas e a outra sem, a fim de realizar a comparação da eficiência entre ambos.
O efluente foi bombeado de um reservatório de 5000 L (contendo as misturas de lixiviado e esgoto) para os *wetlands* com auxílio de bombas dosadoras na vazão de 13,9 L/h por *wetland*.
As unidades piloto de tratamento de lixiviado foram construídas na área da Estação de Tratamento de Esgotos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. O sistema consistiu em dois reservatórios de alvenaria idênticos, com dimensões de 1,00 m de largura, 2,00 m de comprimento e 0,90 m de profundidade, possuindo 1,80 m³ de volume vazio. A capacidade de volume útil apresentada foi de

1,20 m³ e 0,80 m³ para os *wetlands* com e sem plantas, respectivamente. O interior dos *wetlands* foi impermeabilizado com fibra de vidro.

O gênero da macrófita escolhida foi a *Typha*, retirada de um dos lagos artificiais da Universidade. Para o plantio das *Typha* nos *wetlands,* utilizou-se de material compostado da própria Universidade em uma camada de 10 cm de solo sobre o suporte de brita. Esta planta foi escolhida por ser uma espécie comumente encontrada na Bacia do Rio dos Sinos e uma das macrófitas mais usadas para a depuração de águas.

Após a coleta, as mudas foram cortadas até ficarem com aproximadamente 30 cm, como sugere Escosteguy *et al.* (2008) e Brasil *et al.* (2007), de forma que as plantas não sofressem tombamento pelo vento já que as raízes ainda não estariam fixas ao substrato. O replantio das mudas foi feito com propágulos constituídos de plantas completas (rizomas e parte aérea) para que se pudesse perder o menor número possível de mudas. Este método é considerado o mais efetivo, chegando a 97 % de adaptação das mudas (BRASIL *et al.*, 2007).

Nesse trabalho foi utilizado o esgoto tratado na Estação de Tratamento de Esgotos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (ETE Unisinos) para a aclimatação das plantas por um período de 4 meses (125 dias). Essa situação confere com o empregado por Brasil *et al.*, (2007) e Lin *et al.* (2005), que conseguiram dar “partida” aos sistemas de tratamento após 3 ou 4 meses de sua implantação. Esse efluente foi coletado na saída superior do reator UASB da ETE Unisinos. As características médias de saída da ETE Unisinos no ano de 2008, período em que foi realizado o plantio das *Typha* nos *wetlands*, são demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1. Esgoto sanitário gerado na ETE Unisinos

Parâmetro	Etapa		
	Plantio	Aclimatação	Avaliação do Tratamento
pH	7,2 (1)	7,3 (1)	7,1 (2)
DBO (mg/L)	54 (1)	45 (1)	45 (2)
DQO (mg/L)	89 (1)	90 (1)	79 (2)
Fósforo Total (mg/L)	1,2 - 7,6 (3)	1,2 - 7,6 (3)	*
Nitrogênio Amoniacal Total	9,8 - 21 (3)	9,8 - 21 (3)	*

Fonte: (1) Unisinos, (2008), (2) Unisinos, (2009), (3) Jucá et al. (2008)
** Dados monitorados nesta pesquisa e que serão apresentados nos resultados.*

Após o período de uso apenas de esgoto, foi adicionado lixiviado em pequenas concentrações, conforme a Tabela 2, para a aclimatação das *Typha* com lixiviado. O lixiviado foi coletado na saída final da última lagoa, da Estação de Tratamento de Lixiviados (ETLix) da cidade de São Leopoldo, e transportado para a universidade. Em 2008 e 2009, tal lixiviado apresentou os valores médios segundo Tabela 3, conforme verificado nos ensaios realizados no Laboratório de Microbiologia da Unisinos. De acordo com esses valores médios, verificou-se que o tratamento do lixiviado feito por meio das lagoas da estação de tratamento do município ainda carecem de um pós-tratamento, visto que as quantidades de DBO e DQO continuam altas.

Tabela 2. Aclimatação das *Typha* com lixiviado

Dias de monitoramento	Concentração de lixiviado no esgoto (%)
125	0
27	0,5
27	1
42	2

Tabela 3. Características do lixiviado gerado na saída da ETLix

Parâmetro	Etapa		
	Plantio	Aclimatação	Avaliação do tratamento
pH	-	8,6	8,4
DBO (mg/L)	-	203,2	684,2
DQO (mg/L)	-	2013,3	1725,6
Fósforo total (mg/L)	-	12,5	8,2
Nitrogênio Amoniacal	-	321,3	230,6

A aclimatação das mudas foi determinada por meio de acompanhamento fotográfico, realizado semanalmente, desde seu crescimento e adaptação até sua estabilidade. Dois critérios visuais foram adotados para a verificação da aclimatação: cor das folhas (verde ou palha/ressecada) e crescimento.

O sistema operou de forma contínua, com vazão de 13,9 L/h (0,432 m³/dia) para cada *wetland*. Após a etapa de aclimatação das plantas, iniciou-se a colocação de efluente consorciado - esgoto e lixiviado -, nas proporções indicadas na Tabela 4. A concentração de lixiviado foi paulatinamente aumentada, sem prejudicar as plantas, seguindo recomendação de Allen *et al*., (1989) *apud* Fleck, (2003). Esses autores indicam a adaptação das plantas no *wetland* antes da aplicação do efluente a tratar e, posteriormente, a sua diluição crescente, favorecendo o processo de aclimatação.

Tabela 4. Aumento gradativo da concentração de lixiviado em relação ao esgoto

Dias de monitoramento	Volume de lixiviado no esgoto (%)
13	8,0
35	16,0
20	64,0
28	100,0

O tratamento dos efluentes foi analisado semanalmente. Após a coleta, as amostras eram levadas para o Laboratório de Microbiologia de Resíduos da Unisinos e, todas elas, mesmo as que iriam ser utilizadas para análise imediata eram preservadas conforme indicado por Apha (2005). Foram coletadas amostras na entrada dos *wetlands* (mistura entre esgoto e lixiviado), no reservatório das misturas e na saída dos dois *wetlands*. Amostras do lixiviado e do esgoto antes da mistura também foram monitoradas. A Tabela 5 mostra os métodos empregados nas análises.

Tabela 5. Métodos das análises

Parâmetros	Método
Potencial Hidrogênio Iônico [1]	Potenciométrico
Nitrogênio Amoniacal[1]	Titulométrico
DQO[2]	Refluxo fechado, colorimétrico
Fósforo[1]	Cloreto estanoso
Temperatura	Termométrico
DBO[1]	Processo de Winkler modificação da azida de sódio

(1) Fonte: APHA (2005); (2) Fonte: APHA (2005), Modificação: Manual ISO 15705.

Finalmente, para atender ao objetivo de eficiência ambiental das unidades, os resultados do monitoramento dos *wetlands* foram comparados à legislação ambiental que trata dos padrões de emissão de efluentes em corpos de água. No Rio Grande do Sul, a Resolução CONSEMA 128/2006 é a que trata do assunto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ACLIMATAÇÃO DAS PLANTAS

Este período corresponde à adaptação das plantas ao sistema. O mesmo teve duração de 4 meses. Primeiramente, iniciou-se a aclimatação apenas com esgoto, para então se diluir misturas de esgoto consorciado com lixiviado nas proporções de 0,5 % a 2 %. O início do plantio coincidiu com baixas temperaturas (mês de maio), observando-se a perda de folhas e morte de algumas plantas. Após o período de inverno, aproximadamente no final do mês de setembro, as plantas começaram a recuperar-se com crescimento das folhas e aparecimento de brotos (Figura 1). Desta forma, identificou-se uma possível dificuldade de adaptação das plantas no período de outono e inverno.

Figura 1. Acompanhamento fotográfico nos primeiros 4 meses de aclimatação



(a) maio *(b) agosto* *(c) setembro*

No período de aclimatação com 0,5 % de lixiviado e 99,5 % de esgoto, não houve remoção de nutrientes (nitrogênio amoniacal e fósforo) nos *wetlands*, haja vista a recente aclimatação das plantas. Em todo este período, a coloração das folhas esteve predominantemente verde, indicando boa adaptação das *Typha*.

Na mistura de 1 % de lixiviado, foi verificada situação similar à de 0,5 % da etapa anterior, contudo, foi possível observar alguma remoção em relação aos parâmetros monitorados. A remoção de nitrogênio amoniacal foi de 34 %, e a de fósforo 74 %, no *wetland* com plantas.

Para a mistura de 2 %, verificou-se remoções de 31 % em termos de nitrogênio amoniacal e 60 % para o parâmetro fósforo. Igualmente ao primeiro período de aclimatação, nos períodos subsequentes, não houve surgimento de folhas da cor palha.

4.2 TRATAMENTO DO EFLUENTE

Consoante ao que foi constatado por Calijuri *et al.* (2008), os resultados desta pesquisa não permitiram análise detalhada da influência de cada variável. Não foram consideradas as alterações de volume de líquido por evaporação, evapotranspiração e precipitação, causadas pelas variáveis climáticas neste estudo.

As taxas de aplicação de efluente, a ser tratado, foram constantes em relação ao volume de líquido. Em contrapartida, as taxas de aplicação de cargas não puderam ser fixadas devido à variabilidade das características encontradas nos efluentes e também pela mistura proposital realizada entre esgoto e lixiviado. A Tabela 6 caracteriza as taxas e cargas de aplicação dos *wetlands*. Foi verificado que a principal fonte de carga no efluente se deve ao acréscimo de lixiviado.

Quanto ao parâmetro nitrogênio, considerou-se apenas o nitrogênio amoniacal, sem levar em consideração mecanismos de nitrificação e desnitrificação.

Tabela 6: Caracterização do efluente de entrada

Parâmetro		Percentual de lixiviado na mistura			
		8 %	**16 %**	**64 %**	**100 %**
DQO	Concentração média do período (mg/L)	257,5	633,6	1412,0	1495,2
	Carga média do período (mg/h)	3996,3	8807,4	19626,8	20783,3
	Taxa de aplicação superficial (mg/m².h)	1998,1	4403,7	9813,4	10391,6
	Taxa de aplicação volumétrica (mg/m³.h)	2220,1	4893,0	10903,8	11546,3
DBO	Concentração média do período (mg/L)	81,5	158,9	442,7	496,7
	Carga média do período (mg/h)	1132,9	2208,7	6153,5	6904,1
	Taxa de aplicação superficial (mg/m².h)	566,4	1104,4	3076,8	3452,1
	Taxa de aplicação volumétrica (mg/m³.h)	629,4	1227,1	3418,6	1917,8
Nitrogênio Amoniacal	Concentração média do período (mg/L)	69,5	79,6	104,1	170,7
	Carga média do período (mg/h)	965,7	1106,9	1447,2	2372,3
	Taxa de aplicação superficial (mg/m².h)	482,9	553,4	723,6	1186,2
	Taxa de aplicação volumétrica (mg/m³.h)	536,5	614,9	804,0	1318,0
Fósforo	Concentração média do período (mg/L)	4,4	15,4	9,7	10,4
	Carga média do período (mg/h)	60,5	213,8	134,4	144,8
	Taxa de aplicação superficial (mg/m².h)	30,2	106,9	67,2	72,4
	Taxa de aplicação volumétrica (mg/m³.h)	33,6	118,8	74,7	80,5

A Tabela 7 sintetiza os resultados das remoções para os *wetlands* com e sem plantas, para as concentrações de 8 %, 16 %, 64 % e 100 % de lixiviado. Além disso, estão apresentadas as razões entre percentual de remoção, com relação ao percentual de lixiviado da mistura.

Na análise estatística, foi testada a hipótese de haver diferença significativa entre os *wetlands* com plantas e o sem plantas, por meio do teste estatístico qui-quadrado. Contudo, não foi constatado

nenhuma diferença considerável entre os *wetlands*. Então, realizou-se uma análise comparativa qualitativa dos dados da Tabela 7. Conforme pode ser verificado, as maiores remoções ocorreram, em sua maior parte, no *wetlands* com *Typha*, com onze dos dezesseis eventos.

Tabela 7. Síntese dos resultados de remoções médias dos *wetlands*

		Remoções (%)		% Remoção / % Lixiviado	
Parâmetros	**Misturas (%)**	**Sem *Typha***	**Com *Typha***	**Sem *Typha***	**Com *Typha***
DQO	8	50,20	50,80	6,28	6,35
	16	69,70	72,00	4,36	4,50
	64	77,30	76,10	1,21	1,19
	100	24,40	46,30	0,24	0,46
DBO	8	51,70	63,20	6,46	7,90
	16	81,50	79,20	5,09	4,95
	64	46,70	47,80	0,73	0,75
	100	28,70	41,40	0,29	0,41
Nitrogênio Amoniacal	8	38,30	46,70	4,79	5,84
	16	56,90	23,60	3,56	1,48
	64	31,90	30,30	0,50	0,47
	100	26,00	33,10	0,26	0,33
Fósforo	8	21,70	25,10	2,71	3,14
	16	19,90	21,00	1,24	1,31
	64	59,70	58,60	0,93	0,92
	100	25,90	33,50	0,26	0,34

Com relação ao parâmetro DQO, o *wetland* sem plantas demonstrou maior percentual de remoção, 77,30 % na proporção de 64 % de lixiviado. O maior valor de remoção de DQO para o *wetland* com plantas, também na mistura de 64 % de lixiviado, foi de 76,10 %. Esses valores observados estão em concordância com os encontrados por Yalcuk e Ugurlu (2009). Os autores constataram remoções de DQO no *wetland* de fluxo horizontal com variações de 11 % a 60,9 %, embora tenham tratado apenas lixiviado puro.

Analisando a redução de DBO, os valores se aproximaram às reduções de DQO. As maiores remoções foram encontradas nas misturas de 16 % de lixiviado, com percentuais de remoção em 81,50 % e 79,20 %, para os *wetlands* sem plantas e com plantas, respectivamente.

As reduções de nitrogênio amoniacal foram maiores na mistura de 16% de lixiviado, com o total de 56,90 % para o *wetland* sem plantas. Já o *wetland* com as *Typha* reduziram um percentual máximo médio de 46,70 % na mistura com 8% de lixiviado.

As maiores remoções de fósforo foram observadas nas misturas contendo 64 % de lixiviado. Os percentuais das remoções mais expressivas foram de 59,70 % e 58,60 % para o *wetland* sem *Typha* e com *Typha*, respectivamente.

Pela análise das relações entre o percentual de remoções e o percentual de lixiviado na mistura, constatou-se que as maiores eficiências de remoção se deram nas misturas de 8 e 16 % de lixiviado, para todos os parâmetros analisados.

O pH tendenciou a aumentar e permanecer básico devido ao acréscimo de lixiviado no esgoto.

5. CONCLUSÃO

Mediante o estudo realizado, conclui-se que a *Typha* demonstrou um bom condicionamento perante a exposição do efluente, não apresentando qualquer sintoma de deterioração através do acréscimo paulatino de lixiviado ao efluente depositado no *wetland*. No entanto, as plantas não obtiveram uma boa aclimatação nos períodos correspondentes ao clima de inverno, mostrando a sua melhor adaptação nas estações mais quentes.

Com relação ao processo de tratamento realizado nos *wetlands* frente à eficiência de remoção de matéria orgânica carbonácea, quando operados com diferentes misturas de lixiviado e esgoto sanitário pré-tratados, conclui-se que a melhor remoção de matéria orgânica carbonácea foi verificada na mistura de 64 % de lixiviado. Para a remoção de matéria orgânica carbonácea, os *wetlands* funcionaram mais como filtros.

Por outro lado, para a remoção de nutrientes, os melhores resultados foram verificados em menores concentrações de lixiviado. Estes resultados remetem diretamente à ação das *Typha* nos wetlands. Os sistemas de tratamento de efluentes do tipo *wetlands* com macrófitas do gênero *Typha* se mostraram uma boa solução para o tratamento de lixiviados, embora não consigam atender totalmente à legislação quanto às características do tratamento de efluentes.

Deve-se observar, contudo, a relação custo/benefício da utilização do sistema para tratamento de lixiviados. Se por um lado os *wetlands* possuem um baixo custo e são ecologicamente corretos, por outro, a obtenção de resultados depende do ciclo vital da planta. Sendo assim, é necessário o monitoramento constante das condições de adaptação das *Typha*, visto que as toxinas presentes em determinados tipos de lixiviados podem caracterizar intolerância pelas macrófitas, tornando o sistema ineficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEVAP. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. 5f. Relatório Final. Programa específico sobre macrófitas trecho Paulista, 2007. 5 p.

ALMEIDA, R. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. (2007). Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário. Revista Pesquisa Agropecuária Tropical. V.37, n.1. 9 p, 2007.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition. Washington: American Public Health Association 2005.

BELTRÃO, K. G. Q. B. Sistema de barreira bioquímica como alternativa para o tratamento de percolado. Recife, 168 p., 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2006. 168 p.

BRASIL, M. S.; MATOS, A. T.; SOARES, A. A. Plantio e desempenho fenológico da Taboa (*Typha SP*.) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído. Revista eletrônica - Engenharia Sanitária e Ambiental. V.12, n.3, p. 266-272, 2007.

CALIJURI, M. L.; BASTOS, R. K. X.; CAPELETE, B. C.; MAGALHÃES, T. B.; FERNANDES, R. Remoção de nitrogênio e fósforo em wetlands construídas: comportamento temporal. Santiago: XXXI Congreso Interamericano - AIDIS, 2008.

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução no 128/2006. Porto Alegre, 2006. 9 p.

COOPER, P. F.; FINDLATER, B. C. Constructed wetlands in water pollution control. International Association on Water Pollution Research and Control. Oxford: Pergamon Press, 1990.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; CERINI, J. B.; GOBI, D.; CECCONELLO, C.M. Extração de nutrientes por macrófitas cultivadas com lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos. 2008.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. 2009. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/institucional/institucional.asp . Acesso em 01 de setembro de 2009.

FLECK, E. Sistema integrado por filtro anaeróbio, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário. Porto Alegre, 323 p., 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KISSMANN, K. G. Plantas infestantes e nocivas. 2 ed. v.1. São Paulo: BASF, 1997, p. 569-572.

LIN, Y. F.; JING, S. R.; LEE, D. Y.; CHANG, Y. F.; CHEN, Y. M.; SHIH, K. C. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. Environmental Pollution, v. 134, p. 411-421, 2005.

MEIRA, C. M. B. S., CEBALLOS, B. S. O., SOUSA, J. T., KONIG, A. Wetlands vegetados no polimento de águas superficiais poluídas: primeiros resultados. 21° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

UNISINOS - Sistema de Gestão Ambiental; GOMES, Luciana P. (Coord.). Relatório Técnico. - Estação de Tratamento de Esgotos da Unisinos - São Leopoldo/RS, 2008. Disponível em: <www.minha.unisinos.br/sga>. Acesso em: 20/04/2010.

UNISINOS - Sistema de Gestão Ambiental; GOMES, Luciana P. (Coord.). Relatório Técnico. - Estação de Tratamento de Esgotos da Unisinos - São Leopoldo/RS, 2009. Disponível em: <www.minha.unisinos.br/sga>. Acesso em: 20/04/2010.

SOUSA, J. T.; HAANDEL, A. V.; LIMA, E. P. C, HENRIQUE, I. N. Utilização de wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB. Revista Engenharia Sanitária Ambiental. V.9, n.4, p.285-290, 2004.

SUN, G.; AUSTIN, D. Completely autotrophic nitrogen-removal over nitrite in lab-scale constructed wetlands: Evidence from a mass balance study. Chemosphere. V. 68, p. 1120–1128, 2007.

TONIATO, J. V.; ROQUE, O. C. C, KACZALA, F.; NASCIMENTO, V. B.; ROQUE, D. C. Avaliação de um wetland construído no tratamento de efluentes sépticos. 23° Congresso Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2005.

VON SPERLING, M.; CARAUCCI FILHO, B.; MONTEGGIA, L. O.; PIVELLI, R. P. Remoção de nutrientes em sistemas naturais. In: Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. 2009.

YALCUK, A.; UGURLU, A. Comparison of horizontal and vertical constructed wetland systems for landfill leachate treatment. Bioresource Technology. V.100, p. 2521–2526, 2009.

82. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ESTRATÉGIA EFETIVA NA BUSCA POR MAIORES ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE

RAGONE, Guilherme Nogueira[1](guilhermeragone@hotmail.com); SANTOS, Flávia Maria Ávila dos[1] (flavinha_sam@yahoo.com.br); HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz[1] (aparecida.hippert@ufjf.edu.br)
[1]Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

RESUMO
Frente às crescentes discussões acerca de sustentabilidade e o atual crescimento do setor da construção civil, a geração de rejeitos resultantes de edificações é entendida como parte significativa do total de resíduos gerados no espaço urbano. Mesmo que o setor da construção civil contribua de maneira direta com o desenvolvimento econômico e social do país, esta atividade ainda encontra-se intrinsecamente ligada a grandes impactos ambientais, através do seu alto consumo de recursos naturais, sua dinâmica de modificação constante da paisagem e sua geração de resíduos. Estudos demonstram que 40% a 70% da massa dos resíduos urbanos são gerados em canteiros de obras. Torna-se importante, então, um maior planejamento no que tange ao tratamento e destinação dos resíduos de forma a minimizar os impactos ambientais crescentes na atualidade. O presente trabalho tem como objetivo verificar a maneira através da qual o gerenciamento de resíduos sólidos provenientes do setor está sendo realizado em diferentes cidades brasileiras. Para tanto, a metodologia utilizada consistiu em uma revisão bibliográfica acerca dos principais conceitos inseridos no contexto do artigo, bem como a verificação de estudos de caso já realizados no país. Os resultados obtidos permitiram observar a maneira através da qual, órgãos municipais e empresas de edificações se comportam quanto ao gerenciamento de seus resíduos sólidos. Como conclusão, foi realizada uma análise explanando o cenário atual identificado, bem como os principais métodos de gerenciamento atualmente ministrados no setor de construção civil.
Palavras-chave: Sustentabilidade; Canteiros de obras; Resíduos Sólidos; Gerenciamento.

MANAGEMENT OF SOLID WASTE FROM CIVIL CONSTRUCTION: AN EFFECTIVE STRATEGY IN SEARCH OF INCREASING SUSTAINABILITY INDICES

ABSTRACT
Faced with growing discussions about sustainability and the current growth of the construction sector, the generation of tailings resulting from buildings is understood as a significant part of the total waste generated in urban space. Even though the construction sector contributes directly to the economic and social development of the country, this activity is still intrinsically linked to large environmental impacts, through its high consumption of natural resources, its dynamics of constant modification of the landscape and Generation of waste. Studies show that 40% to 70% of the mass of urban waste is generated in construction sites. Therefore, it is important to plan for the treatment and disposal of waste in order to minimize the environmental impacts that occur today. The present work aims to verify the way in which solid waste management from the sector is being carried out in different brazilian cities. For this, the methodology used consisted of a bibliographical review about the main concepts inserted in the context of the article, as well as the verification of case studies already carried out in the country. The results obtained allowed to observe the way in which, municipal agencies and buildings companies behave as to the management of their waste. As a

conclusion, an analysis was carried out explaining the current scenario identified, as well as the main management methods currently administered in the civil construction sector.
Keywords: Sustainability; Construction sites; Solid Waste; Management.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a sociedade vem explorando desenfreadamente os recursos naturais disponíveis com o objetivo de produzir diferentes tipos de materiais. O crescimento populacional, a industrialização, as novas tecnologias e o aumento do poder aquisitivo da população são agentes fomentadores dessa exploração inconsciente. A partir deste cenário, observam-se grandes alterações no meio ambiente, no que tange ao comprometimento da qualidade do ar, do solo e dos recursos hídricos. Um dos grandes agentes que impactam no meio ambiente é a geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) que, de acordo com Sissino e Oliveira (2000), devido à quantidade e variabilidade dos elementos encontrados nos locais de sua disposição final vêm introduzindo uma série de consequências à saúde pública. Dentre os resíduos sólidos urbanos, destacam-se os resíduos da construção civil (RCC) também conhecidos como resíduos da construção e demolição (RCD) ou “entulho”. Estes são provenientes dos serviços de infraestrutura urbana, como a execução de novas obras, terraplanagem, demolições e reformas, prossegue o autor (2000).

Ainda que, atualmente, o ramo da construção civil contribua de maneira direta com o desenvolvimento econômico e social do país, esta atividade ainda encontra-se intrinsecamente ligada a grandes impactos ambientais através do seu alto consumo de recursos naturais, sua dinâmica de modificação constante da paisagem e sua geração de resíduos. Este cenário evidencia a geração de uma grande quantidade de entulho, confirmando o desperdício irracional de materiais em todos os ciclos que compreendem a construção de uma edificação: extração, transporte e utilização. Além disso, o descarte inadequado desses materiais sem que sejam segregados corretamente promove a contaminação destes, que poderiam ser reciclados e novamente empregados nas obras de engenharia com outros fins. De acordo com Lima e Lima (2012) a geração de resíduos sólidos é proveniente, principalmente, de fatores como

> (...) problemas relacionados ao projeto, seja pela falta de definições e/ou detalhamentos satisfatórios, falta de precisão nos memoriais descritivos, baixa qualidade dos materiais adotados, baixa qualificação da mão-de-obra, o manejo, transporte ou armazenamento inadequado dos materiais, a falta ou ineficiência dos mecanismos de controle durante a execução da obra, ao tipo de técnica escolhida para a construção ou demolição, aos tipos de materiais que existem na região da obra e finalmente à falta de processos de reutilização e reciclagem no canteiro (LIMA, LIMA, 2012, p. 09).

Outro fator relevante no que tange os resíduos sólidos da construção civil é que estes têm se tornado um entrave na administração pública em virtude da grande quantidade de resíduos gerados, assim como da carência de locais adequados para sua deposição. Os elevados gastos por parte dos órgãos governamentais empregados na limpeza e remoção desses resíduos de locais inadequados, bem como da construção de um local apropriado para receber os mesmos, é hoje um dos grandes problemas enfrentados pelos governantes (CARVALHO, 2008).

> De modo geral, os níveis tecnológicos da região e da construtora influenciam diretamente no volume de resíduos gerados, pois levam em consideração a qualidade dos materiais e componentes; a qualificação da mão-de-obra; existência

> de procedimentos operacionais e mecanismos de controle do processo construtivo (CABRAL, MOREIRA, 2011, p 09).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2013), a quantidade total de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) coletada por dia no Brasil é de 106.549 toneladas. Essa geração de rejeitos é entendida como parte significativa do total de resíduos gerados no espaço urbano referente a quaisquer setores. Estudos demonstram que 40% a 70% da massa dos resíduos urbanos são gerados em canteiros de obras, conforme observado por alguns pesquisadores como Hendriks (2000) e Pinto (1999). Segundo Blumenschein (2007, p 05), "pode-se dizer que 50% do entulho são dispostos irregularmente na maioria dos centros urbanos brasileiros de médio e grande porte". Neto (2005) afirma que a grande quantidade de geração desses resíduos está diretamente ligada ao grande desperdício de materiais de construção que é produzido na realização dos empreendimentos da indústria da construção civil. Torna-se evidente, então, a necessidade de políticas públicas visando o controle da coleta, transporte e disposição final dos resíduos. Além disso, as necessidades de ordem econômica têm incentivado a criação de alternativas para o tratamento desses resíduos, podendo assim ser processado e reaproveitado na própria obra, agregando valor.

O gerenciamento inadequado de tais rejeitos e uma má destinação dos mesmos promovem impactos negativos diretos no meio-ambiente e na saúde pública. Torna-se importante, então, um maior planejamento no tocante da destinação de tais resíduos de forma a minimizar os impactos ocorridos na atualidade. O correto manejo dos RCC tem como elemento norteador o diagnóstico da atual situação desses resíduos no município. Não há como definir política pública, sem que se conheça a realidade intrínseca de cada município, pois cada um tem suas particularidades econômicas, sociais, culturais e construtivas que, de alguma forma, interferiram no tipo e quantidade de RCC que esta cidade produz.

> Baseado no princípio de que problemas de naturezas distintas necessitam de soluções distintas, e que no caso da gestão de RCD há uma grande diferença entre a geração, acondicionamento e transporte destes resíduos pelas grandes e pelas pequenas obras, esta resolução prescreve a construção de um sistema de gestão composto por um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil que deverá conter as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores (CARVALHO, 2008, p. 51/52).

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo verificar a maneira através da qual o gerenciamento de resíduos sólidos provenientes do setor da construção civil vem sendo realizado em diferentes cidades brasileiras.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia utilizada consistiu em uma revisão bibliográfica acerca dos principais conceitos inseridos no contexto do artigo. Além disso, realizou-se a verificação de estudos de caso já realizados no país, relativos ao intervalo de 1999 a 2013, nas cidades de Aracaju/SE, Belo Horizonte/MG, Goiânia/GO, Santa Maria/RS, Salvador/BA e no Distrito Federal/DF devido à importância econômica e social das mesmas nas regiões englobadas, bem como na qualidade dos

estudos realizados (evolução temporal dos resíduos sólidos ao longo dos anos). Após coleta desses dados, analisou-se como os órgãos públicos e privados atuam sobre os resíduos da construção civil e os desdobramentos dessa atuação com o intuito de obter respostas ao questionamento inicial da pesquisa: como está se realizando o gerenciamento de resíduos sólidos provenientes da construção civil no país.

4. REGULAMENTAÇÃO

A separação e destinação inapropriada dos Resíduos de Construção Civil – RCC são responsáveis, em grande parte, pelos problemas ambientais dos aterros sanitários e, também, lixões no Brasil. No Brasil, a lei nº 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, existente desde 2010, modificou a forma de destinar os resíduos, trazendo para o gerador a obrigatoriedade de planejar todo o processo de produção e o desenvolvimento de métodos de logística reversa (FBDS, 2012).

Na logística reversa, o recebimento do produto usado fica a cargo do gerador, bem como, a obrigação de destiná-lo de maneira correta, respeitando a legislação vigente, minimizando os impactos e reduzindo a quantidade do montante produzido. A logística reversa, da forma como é definida, representa um sistema complexo que envolve o processo de planejar, implementar e controlar a eficiência, o custo efetivo dos fluxos de materiais, desde o inventário das matérias-primas à finalização dos produtos, registrando informações desde o ponto de origem ao ponto de consumo (FBDS, 2012).

Na esfera dos resíduos existe também um sistema de classificação dos resíduos da Construção Civil, que são diferenciados por classes, presente na Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2010).

4.1. RESOLUÇÃO N°307 – CONAMA/2002

É de conhecimento o aumento da preocupação de órgãos públicos com a situação em questão. Criada em 05 de Julho de 2002, com entrada em vigor a partir de 02 de Janeiro de 2003, a Resolução n°307 do CONAMA dispõe sobre o gerenciamento de resíduos de construção e demolição, bem como atua de forma a estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a correta gestão dos resíduos da construção civil. Além disso, a resolução atribui responsabilidades para o poder público municipal e também para os geradores de resíduos no que se refere a sua destinação, além de definir, classificar e estabelecer os possíveis destinos finais dos resíduos da construção civil e demolição (CONAMA, 2002). Sendo assim, os agentes geradores de resíduos são responsáveis pela gestão dos resíduos, certificando-se de que sejam quantificados, armazenados, transportados e encaminhados para locais onde possam ser aproveitados ou depositados corretamente (CABRAL & MOREIRA, 2011).

> A publicação pelo CONAMA da Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002 veio procurar disciplinar o processo de gestão de RCD pelas municipalidades brasileiras, tendo em vista a função social da cidade e da propriedade urbana (de acordo com a Lei nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade), o grande volume de RCD gerados e sua disposição inadequada, o princípio do poluidor-pagador e a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil (CARVALHO, 2008, p.51).

Frente a essa determinação legislativa, apresentam-se três alternativas referentes ao gerenciamento de rejeitos para os intervenientes geradores de resíduos, das quais: a não geração de resíduos, a reutilização dos resíduos e a reciclagem dos resíduos. A primeira se refere a redução da geração de resíduo na fonte, o que contribui com a redução dos custos para as empresas de edificações, bem como a redução da necessidade de soluções finais em grande escala para o gerenciamento destes resíduos. A segunda consiste na reutilização do resíduo gerado em sua forma inicial, ou seja, sem que este passe por processos de manipulação. Já a terceira se refere ao processo de reciclagem dos rejeitos, de forma que os responsáveis por estes diminuam os custos gerais do processo construtivo, através do reaproveitamento dos materiais, revertendo-os em matéria prima para novos fins.

> Considerando que em torno de 80% de uma caçamba é totalmente reciclável e é matéria prima para processos produtivos, destaca-se a responsabilidade dos geradores no fortalecimento do processo de reciclagem desses resíduos, o que significa assegurar a qualidade da segregação, ou seja, que os resíduos sejam separados seletivamente de acordo com a classificação da Resolução 307 do Conama (BLUMENSCHEIN, 2007, p. 05).

A Resolução 307 do CONAMA define, ainda, para a construção civil, quatro classes de resíduos, que deverão ter tratamentos distintos, das quais (CONAMA, 2002):

- Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassas, concretos, tubos, meio-fio, solos de terraplanagem, etc;
- Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel/papelão, metais, madeiras, etc;
- Classe C: resíduos ainda sem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para a sua reciclagem/recuperação, tais como os oriundos do gesso (tratamento pelo gerador);
- Classe D: perigosos, como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados (tratamento pelo fabricante).

Contudo, a resolução passou por algumas revisões em seu conteúdo. Na primeira delas, em que passou a ser conhecida como Resolução CONAMA 348, os resíduos de classe D passaram a ser definidos como: resíduos perigosos oriundos do processo de construção. Em um segundo momento, na Resolução CONAMA 431, os resíduos provenientes do gesso não seriam mais classificados como resíduos da Classe C, mas de Classe B, resíduos recicláveis para outra destinação. Por último, a Resolução CONAMA 448 passou por uma adequação da Resolução CONAMA 307/2002 ao disposto na Lei 12.305 (Política Nacional dos Resíduos Sólidos).

4.2. LEI 12.305/2010 – POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Com entrada em vigor em 02 de Agosto de 2010, a Lei 12.305 (Política Nacional dos Resíduos Sólidos) determina a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável. Em seu conteúdo, os resíduos sólidos são classificados através de dois parâmetros: quanto à sua origem e quanto à periculosidade. Quanto à origem os resíduos podem ser divididos em domiciliares, de limpeza urbana, urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transportes, e de mineração. Quanto à periculosidade, estes são divididos em perigosos e não perigosos.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos estabelece diretriz e estratégias no que tange a melhores práticas de consumo sustentável, das quais:

- Eliminação das áreas irregulares de disposição final;
- Implantação de unidades de recebimento, transbordo e triagem de RCC;
- Incremento das atividades de reutilização e reciclagem de RCC em todos os municípios do país;
- Redução na geração de RCC em todos os empreendimentos do país;
- Inventário dos RCC, estabelecendo que a partir do próximo IBGE todos RCC deverão ser quantificados e especializados;
- Criação de metas e indicadores de coleta, redução e destinação de RCC.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTUDOS DE CASO: O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM DIFERENTES CIDADES BRASILEIRAS

De acordo com Oliveira e Mendes (2008), em seu estudo de caso realizado em Goiânia/GO, a empresa consultada possui conhecimento técnico acerca da Resolução 307 do CONAMA e aplica seus requisitos através de práticas como o reaproveitamento de materiais para outros fins. Para tanto, há o envolvimento dos funcionários, os quais recolhem o material não utilizado diariamente. Além disso, a diretoria da empresa colabora na medida do possível no comprometimento da resolução; embora não tenha sido verificada uma participação efetiva do município junto à empresa. A empresa possui um plano de redução de desperdícios, porém, ela não apresenta um de reciclagem e reutilização de resíduos.

A aplicação de critérios que minimizem a quantidade de resíduos, através da otimização de processos, como na etapa de planejamento, é realizada nos projetos de canteiros. Já na etapa de projeto, a racionalização do processo ocorre em etapas específicas No projeto da produção, os empacotamentos são realizados em baias de madeiras e em tambores, os quais são separados todos os fins de semana. Existe um “diagnóstico” da qualidade no canteiro, com mapas de focos de resíduos, como no caso da pessoa que corta a madeira, e recolhe sua serragem. No entanto, o “diagnóstico” de causas não existe. A segregação de resíduos é realizada em tambores, com treinamento de pessoal. A identificação e quantificação dos resíduos são feitas com o auxílio de planilhas mensais, as quais geram, também, o percentual de economia gerada pela própria empresa. O plano de medidas corretivas já está implantado na empresa, e este envolveu maiores dimensões nas passagens hidrossanitárias. Os canteiros de obra foram preparados para a gestão de resíduos, sendo esta a meta principal das obras e da empresa.

Carvalho (2008), em sua pesquisa realizada em Aracaju/SE, constatou que existem três órgãos que assumem papel relevante, sendo dois municipais, a Empresa Municipal de Serviços Urbanos (EMSURB) e Empresa Municipal de Obras e Urbanização (EMURB); e um estadual, Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA). O EMSURB, responsável pela gestão de resíduos sólidos na cidade, atua de forma a planejar, coordenar e executar as atividades referentes à limpeza pública e à prestação de serviços urbanos à população do município. Já a EMURB, encarregada do licenciamento de obras de construções e reformas.

Segundo o autor (2008), de acordo com a EMURB, as atividades referentes à construção, a reforma, ampliação e demolição, como também os parcelamentos, desmembramentos e remembramentos

devem ser licenciados, e é neste processo que se encontram as atribuições da EMURB com relação à gestão de RCD, uma vez que a Resolução CONAMA Nº 307/2002 prevê, no parágrafo primeiro do Artigo 8º, que os projetos de gerenciamento de resíduos elaborados pelos grandes geradores devem ser apresentados juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal. Esta prática não é observada em Aracaju, uma vez que a EMURB não inclui na sua relação de documentação a ser apresentada para licenciamento de construções e reformas o projeto de gerenciamento de RCD.

Sena et al (2013) em seu trabalho cujo objetivo verificar e compreender como é feita a gestão dos resíduos gerados no Distrito Federal, observaram com relação à coleta e transporte dos resíduos, que estes são realizados por meio de caminhões poli guindastes e caçambas, ou ainda por caminhões basculantes, caminhonetes ou veículos de tração animal. Os serviços de transporte e deposição final dos resíduos é responsabilidade do Sistema de Limpeza Urbana, assim como das administrações regionais, em que fica a encargo de cada gerador a destinação dos seus próprios resíduos gerados. Os autores constataram que não é realizado um controle frente às empresas de edificações referente aos seus sistemas de trabalho no que tange ao gerenciamento dos RCC. Com relação à deposição dos resíduos, fora verificada a existência de cerca de 200 pontos de deposição clandestina no Distrito Federal até o ano 2006. Contudo, outro levantamento realizado em 2008 sobre tais áreas de deposição irregulares, verificou a existência de 537 áreas apresentando a mesma problemática.

Os autores observam que devido ao grande volume dos resíduos, as grandes empresas terceirizam o serviço de gerenciamento, em que um grande número de pequenas empresas fica responsável pelo mesmo. Não obstante, os autores afirmam que frente ao crescente número de construções e indisciplina da população, é comum encontrar várias áreas onde o resíduo é colocado de forma inadequada, causando degradação da qualidade de vida da população urbana com enchentes, poluição visual e proliferação de vetores de doenças. Os autores concluem afirmando que o Distrito Federal, assim como diversos outros municípios brasileiros, ainda não realiza o gerenciamento dos resíduos da construção civil de maneira adequada, o que se justifica através de diversos fatores, como a falta de uma infraestrutura básica.

Azevedo, Kiperstok e Morais (2006) contam que em 2002, Salvador/BA gerava por dia 2.164t de RCC, ou 655.569t/ano, significando 45,03% do RSU. Em 1997 a prefeitura da cidade cria o Projeto de Gestão Diferenciada de Entulhos, instaurando os Postos de Descarte de Entulho (PDE), onde o pequeno gerador pode descartar até 2m^3 de material. Para os grandes geradores, existem as denominadas Bases de Descarte de Entulho (BDE). O projeto teve como meta a implantação de 22 postos e cinco bases, tendo sido projetadas usinas de reciclagem para duas dessas bases. A implantação da coleta diferenciada de entulho em Salvador teve como resultados segundo Carneiro, Brum e Cassa (2001):

• redução em 61,66% do número de pontos de disposição clandestinos, passando de 420 em 1996 para 161 em 2000. Em 2002, contudo, foram contabilizados mais de 250 pontos;
• recepção de 99,4t/dia de RCC nos postos em funcionamento;
• aumento da participação de RCC no total dos resíduos coletados com uma média de 2.746t/dia ou quase 50% do resíduo total coletado em Salvador no ano 2000, embora não abranja a totalidade de RCC gerado na cidade;

• aumento de 1.490t/dia ou cerca de 119% de variação na quantidade de entulho coletado entre 1997 e 2000;
• coleta de 508.732 t/ano (2000), realizada pelo próprio gerador, que resultou numa economia de R$ 10.528.717,00 para a Prefeitura;
• aumento da participação do gerador na coleta e transporte de RCC, evoluindo de 3% em 1996 para 61% em 2000, com redução para 44,2%, em 2002.

Nota-se assim que segundo Azevedo, Kiperstok e Morais (2006), a reciclagem, interna e externa à obra, mostrou-se viável tanto do ponto de vista técnico como ambiental, sugerindo-se, no entanto, o desenvolvimento de pesquisas para consolidar em definitivo soluções para o reaproveitamento dos RCC. Bem como através de políticas públicas, consegue-se atingir melhor resultados sobre os resíduos provenientes da construção civil.

Piovezan Júnior (2007) realizou uma pesquisa em Santa Maria/RS, em que verificou que os serviços de transporte e disposição final dos RCC são realizados por 04 (quatro) empresas privadas especializadas na remoção desses resíduos. O autor verificou que o município não exige o licenciamento ambiental para as empresas de remoção de RCC, demonstrando a pouca importância dedicada à gestão desses resíduos. Após a Resolução 307 do CONAMA, a Secretaria Municipal de Proteção Ambiental iniciou um processo de disciplinamento das empresas especializadas na remoção dos RCC. Contudo, são observadas algumas incoerências nas etapas que constituem a remoção e transporte dos RCC.

Piovezan Júnior (2007) constatou que a solicitação de serviço de transporte é realizada através de contado telefônico entre o gerador e a empresa. Por este motivo, tais empresas são popularmente denominadas de “tele entulho”. As empresas transportam as caçambas até o local determinado pelo gerador, e ficam disponíveis por um período de tempo. Esse tempo é determinado pela demanda do gerador, ou seja, somente é recolhida a caçamba através de outro contato telefônico entre ambos. O autor (2007) verificou, ainda, que no contrato de prestação de serviço de transporte de RCC, não é indicado o destino final dos resíduos produzidos pelo gerador, o que demonstra a falta de conhecimento das obrigações do gerador, pois a atual legislação responsabiliza-o pela destinação final dos seus resíduos.

Pinto (1999) realizou um estudo de caso em Belo Horizonte/MG, verificou que a cidade é uma referência fundamental na questão do gerenciamento dos resíduos, uma vez que desenvolveu a partir de 1993 um plano pioneiro de gestão diferenciado denominado à época de Programa de Correção Ambiental e Reciclagem dos Resíduos de Construção, cuja função era programar ações específicas para captação, reciclagem, informação ambiental e recuperação de áreas degradadas.

6. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada permitiu identificar a maneira através da qual os órgãos municipais no âmbito do gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil e as empresas de edificações se comportam quanto a gestão de seus resíduos. Os resultados obtidos nos estudos de caso analisados permitem concluir que o envolvimento do poder público com as empresas de edificações no que tange a incentivos para um melhor gerenciamento dos RCC ainda é pouco presente, o que reflete não somente nas empresas, como na paisagem e saúde do espaço urbano. O cenário atual identificado evidencia que as empresas, em maioria, não assumem a responsabilidade pelo gerenciamento de seus resíduos, embora a empresa de Goiânia/GO, consultada por Oliveira e

Mendes (2008) apresente uma realidade diferente, em que a preocupação com o tratamento e destinação dos RCC é verificada. Pôde-se observar, então, através das pesquisas realizadas, a urgência por um maior incentivo do poder público, bem como uma maior conscientização por parte das empresas, no que tange à melhores métodos e práticas de gerenciamento dos resíduos, contribuindo, então, com a sustentabilidade não somente no setor, como no espaço urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo: ABRELP, 2013.

AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. **Resíduos da construção civil em Salvador:** os caminhos para uma gestão sustentável. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro , v. 11, n. 1, p. 65-72, Mar. 2006 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 mar. 2017.

BLUMENSCHEIN**,** R. N. **Manual Técnico:** Gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras. Brasília: SEBRAE/DF, 48 p. 2007.

BRASIL. Decreto 7.404/10 de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a lei nº12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências, 2010.

CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. de V. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Fortaleza: SINDUSCON, ago. 2011.

CARNEIRO, A. P.; BRUM, I.A.S.; CASSA, J.C.S. (org.). **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção:** projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 312p. 2001.

CARVALHO, E. M. **Resíduos sólidos da construção civil e desenvolvimento sustentável**: modelo de sistema de gestão para Aracaju. Aracaju: Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sergipe. 183p. 2008.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Publicada no Diário Oficial da União em 17/07/2002.

FBDS. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Diretrizes para uma Economia Verde no Brasil II: Resíduos Sólidos: Desafios da Política Nacional de Resíduos. Brasília: FBDS, 2012.

HENDRIKS, C. F. **The building cycle**. Holanda: Ed. Aeneas, 231 p., 2000.

LIMA, R. S. LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. Paraná: Série de publicações temáticas do CREA-PR. 60 p. 2012.

NETO, J. da C. M. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Paulo: RiMA, 162p., 2005.

OLIVEIRA, E. G. MENDES, **O gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição**: estudo de caso da resolução 307 do CONAMA. 2008.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo: Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo. 90 p., 1999.

PIOVEZAN JR., G. T. A. **Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria.** Santa Maria: Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. 76p., 2007.

SENA, R. S *et al.* **Gestão dos resíduos sólidos da construção civil e demolição no Distrito Federal**. Resumos Expandidos do I CONICBIO; II CONABIO; VI SIMCBIO**.** V.2. 2013.

SISSINO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde**: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ. 190p., 2000.

92. PROPOSTA DE SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA CANTEIROS DE OBRAS SUSTENTÁVEIS

ALMEIDA, Lidiane[*1](lidi_eng@yahoo.com.br); COSTA, Dayana Bastos[1] (dayanabcosta@ufba.br); ALBERTE, Elaine Pinto Varela[1](elainealberte@gmail.com).*
[1] Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
No ciclo de vida de uma edificação, a etapa da construção é uma das principais responsáveis pela geração dos impactos ambientais. Por esse motivo, muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando soluções para mitigação dos impactos causados nessa etapa. Neste sentido, diversas metodologias internacionais e nacionais para construções sustentáveis foram desenvolvidas e implementadas, mostrando que é possível mitigar os impactos ambientais inerentes à atividade em si. Apesar da identificação na literatura de diversos indicadores para construção sustentável, observa-se uma ausência de metodologia sistemática para coleta, processamento e análise de indicadores específicos para canteiros de obras, visando uma gestão mais sustentável. O objetivo do presente trabalho é analisar criticamente as principais metodologias para canteiro sustentável identificadas na literatura, visando o desenvolvimento de uma proposta de indicadores ambientais, aplicáveis à realidade da construção civil brasileira. Para o desenvolvimento do trabalho foi realizada uma pesquisa do estado da arte dividida em três etapas. A primeira etapa focou na identificação das principais metodologias disponíveis para canteiros de obra de baixo impacto ambiental, na segunda foram identificadas e priorizadas as boas práticas propostas nas metodologias analisadas e a terceira teve como foco a identificação de indicadores para canteiros de obras sustentáveis, baseado em boas práticas levantadas nas metodologias, bem como os seus impactos. O principal resultado obtido foi uma proposta de indicadores ambientais, que irão contribuir para o desenvolvimento de um sistema de indicadores para canteiros de obras sustentáveis visando a avaliação de boas práticas implantadas e seus impactos para a redução do consumo de água, energia, materiais, resíduos e emissões, bem como melhoria da gestão de processos, instalação provisórias, relação do edifício com o entorno e aspectos sociais.
Palavras-chave: Sistema de indicadores de desempenho; Construções sustentáveis; Impactos ambientais; Canteiro de obra.

PROPOSAL OF PERFORMANCE MEASUREMENT SYSTEM FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION SITE

ABSTRACT
In the life cycle of a building, the construction stage is one of the main responsible for generating environmental impacts. For that reason, many researches have been developed aiming to develop solutions for mitigating the impacts caused at that stage. Several international and national methodologies for sustainable construction have been developed and implemented, showing that it is possible to mitigate environmental impacts intrinsic to the construction activity itself. Despite the identification of several indicators for sustainable construction in the literature, there is a lack of a systematic methodology for collecting, processing and analyzing specific indicators for construction sites, aiming a more sustainable management. This work aims to analyze the main methodologies for sustainable construction site identified in literature aiming to develop key performance indicators

for low environmental impact construction site, applicable to the Brazilian reality. For the development of the work was carried out a research of the state of the art divided into three stages. The first one focused on the identification of the main methodologies available for low environmental impact construction sites; in the second stage, the good practices proposed in each methodology studied were identified and classified according with its priority. The third one focused on the identification of indicators for sustainable construction sites based on good practices established identified, as well as their impacts. The main result obtained was a proposal of environmental indicators that will contribute to the development of a system of indicators for sustainable construction sites aiming at the evaluation of good practices implemented and their impacts to reduce the consumption of water, energy, materials, waste and emissions, as well as improvement of the management of processes, provisional installation, relation of the building with the surroundings and social aspects.
Keywords: Performance measurement system; Sustainable buildings; Environmental impacts; Construction site.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor que causa muitos impactos ao meio ambiente, principalmente face à grande utilização de matérias-primas não renováveis grande consumo energético e expressiva geração de resíduos (LIMA, 2010). Diante desse cenário, muitas metodologias para construções sustentáveis foram desenvolvidas visando a redução de tais impactos. Dentre essas metodologias destacam-se o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design)* e o *Démarche* HQE (*Haute Qualité Environnementale)*. .

De maneira geral, as metodologias de avaliação internacionais apresentam poucas exigências em relação aos canteiros de obras, e, em alguns casos, nenhuma (ARAÚJO, 2009), sendo a etapa de execução de um edifício é o momento onde os muitos impactos são gerados, bem como é o momento e o local onde os diversos componentes da indústria da construção mais interagem entre si (GEHLEN, 2008). Nesse sentido, diversos estudos vêm focando nesta etapa da construção, propondo a adoção de boas práticas e meios de medição dos aspectos e seus impactos. O Sistema de Avaliação de Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC) do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), por exemplo, que considera em seu processo de certificação de qualidade, no mínimo seis indicadores voltados à sustentabilidade nos canteiros de obras, quais sejam, Indicador de geração de resíduos ao longo da obra, Indicador de geração de resíduos ao final da obra, Indicador de consumo de água ao longo da obra, Indicador de consumo de água ao final da obra, Indicador de consumo de energia ao longo da obra e Indicador de consumo de energia ao final da obra (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012). Por outro lado, apesar dos esforços identificados na literatura para estabelecer indicadores de sustentabilidade, os mesmos variam largamente e são definidos segundo critérios e metodologias não necessariamente replicáveis (SILVIA, 2007). Sendo a construção civil um setor com características pouco peculiares aos demais segmentos industriais, esses programas de gestão sustentável teriam de ser adaptados à realidade local e ao dia a dia dos canteiros de obra (PRIORI JR., 2011).

Diante do exposto existe uma necessidade de entender quais destas boas práticas pelas metodologias identificadas podem conduzir para canteiros com baixo impacto ambiental de forma eficaz e com menor custo. Neste sentido, percebe-se a necessidade da criação de um sistema de indicadores chaves para avaliar canteiros de obra de baixo impacto ambiental**,** levando em consideração a realidade local, com todas as dificuldades e facilidades encontradas pelo setor.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é analisar criticamente as principais metodologias para canteiro sustentável identificadas na literatura, visando a proposição de um conjunto de indicadores ambientais, aplicáveis à realidade dos canteiros de obra, levando em consideração as dificuldades tecnológicas encontradas pelo setor, bem como a facilidade no gerenciamento para implantação e monitoramento dos indicadores propostos.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa foi desenvolvida em três etapas. Na primeira etapa foram identificadas as principais metodologias voltadas para canteiros de obra de baixo impacto ambiental, a partir de uma pesquisa do estado da arte em nível nacional. Dos trabalhos encontrados sobre o tema, foram selecionadas 09 pesquisas. A Tabela 1 apresenta as metodologias analisadas, relacionando os autores, ano da pesquisa, cidade em que foi desenvolvida, tipo do trabalho e o código que será usado na identificação da pesquisa analisada nesse estudo. Ainda nesta etapa, foi realizada a caracterização das metodologias de acordo com a abrangência e aplicabilidade das mesmas.

Tabela 1. Metodologias analisadas

Autor/ ano	Cidade	Trabalho científico	Identificação das pesquisas
Gehlen (2008)	Brasília (DF)	Dissertação mestrado	P1-DF
Araújo (2009)	São Paulo (SP)	Dissertação mestrado	P2-SP
Lima (2010)	Recife (PE)	Dissertação mestrado	P-3-PE
Oliveira (2011)	Brasília (DF)	Tese doutorado	P4-DF
Priori Junior (2011)	Recife (PE)	Tese doutorado	P5-PE
Coutinho (2013)	Vitória (ES)	Dissertação mestrado	P6-ES
Guimarães (2013)	Salvador (BA)	Dissertação mestrado	P7-BA
Thomas (2013)	Salvador (BA)	TCC especialização	P8-BA
Vasconcelos (2013)	Fortaleza (CE)	Dissertação mestrado	P9-CE

Na segunda etapa, com base nas metodologias analisadas, foram identificadas as boas práticas propostas, e selecionadas as mais citadas pelos autores. As boas práticas selecionadas foram agrupadas em 8 categorias, as quais foram definidas buscando simplificar e organizar a análise das informações, abrangendo os aspectos ambientais, sociais e econômicos. Na terceira etapa foi desenvolvida uma proposta de indicadores para canteiros de obras sustentáveis, baseada nas boas práticas levantadas nas metodologias, bem como em indicadores já utilizados pelas construtoras, como os indicadores propostos pelo PBQP-H. Ao final desta pesquisa do estado da arte, foram identificadas lacunas de conhecimento e sugestões de temas para futuras pesquisas.

4. RESULTADOS

4,1 CARACTERIZAÇÃO DAS METODOLOGIAS PARA CANTEIROS SUSTENTÁVEIS

A Tabela 2 apresenta o estudo da abrangência das metodologias estudadas. Nesse estudo foi analisado se as metodologias foram desenvolvidas com base em referências nacionais, internacionais e/ou considerando aspectos regionais; além da aplicabilidade das mesmas e aspectos considerados. Observou-se que as pesquisas P1-DF, P2-SP, P6-ES, P7-BA, P8-BA e P9-

CE foram desenvolvidas com base em metodologias internacionais e nacionais, as pesquisas P1-DF e P2-SP levaram ainda em consideração os aspectos regionais; a pesquisa P5-PE considerou apenas aspectos regionais. O resultado mostra à preocupação no desenvolvimento de metodologias adaptadas a realidade do país, além da consideração de aspectos regionais, o que tende a resultar em uma maior adoção das metodologias propostas.

Tabela 2. Abrangência da metodologia

	P1-DF	P2-SP	P3-PE	P4-DF	P5-PE	P6-ES	P7-BA	P8-BA	P9 - CE
Baseado em referências internacionais	x	x				x	x	x	x
Baseado em referências nacionais	x	x	x	x		x	x	x	x
Considera aspectos regionais	x	x	x		x				
Obras de infraestrutura									
Obras de edificações	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Aplicável na pré-construção	x	x	x			x		x	x
Aplicável na construção	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Envolve aspectos ambientais	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Envolve aspectos sociais	x	x		x	x	x	x	x	x
Envolve aspectos econômicos	x	x		x	x	x	x	x	x

Todas as metodologias estudadas são aplicáveis em obras de edificações, sendo seis aplicáveis na pré-construção e na construção (P1-DF, P2-SP, P3-PE, P6-ES, P8-BA e P9-CE) e três somente na etapa de construção (P4-DF, P5-PE e P7-BA).

Os aspectos ambientais, sociais e econômicos são considerados em oito das metodologias estudadas (P1-DF, P2-SP, P4-DF, P5-PE, P6-ES, P7-BA, P8-BA e P9-CE), e uma considera apenas os aspectos ambientais (P3-PE). O fato das metodologias estudadas abrangerem metodologias nacionais, e considerarem aspectos regionais, justifica a preocupação encontrada nas mesmas com os aspectos sociais. Nas metodologias internacionais este aspecto é pouco abordado. Segundo Lima (2010), na maioria das metodologias desenvolvida pelos países desenvolvidos, observa-se uma maior ênfase nos aspectos ambientais, uma vez que estes países não enfrentam problemas de grandes dimensões. Nota-se a importância do desenvolvimento de pesquisas para a adoção de práticas sustentáveis em obras de infraestrutura, visto que todas as metodologias estudadas são aplicáveis em obras de edificações.

4.2 IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS PARA CANTEIRO SUSTENTÁVEL

No total foram analisadas 721 boas práticas, não distintas, sendo muitas delas propostas em duas ou mais metodologias. Essas boas práticas estavam divididas em categorias, as quais foram definidas por cada autor. Buscando simplificar e organizar a análise das boas práticas propostas, abrangendo os aspectos ambientais, sociais e econômicos, as mesmas foram agrupadas em oito categorias: Aspectos Sociais (AS), Consumo de Água (CA), Consumo de Energia (CE), Consumo de Materiais (CM), Gestão de Resíduos e Emissões (GRE), Gestão dos Processos (GP), Instalações Provisórias (IP) e Relação do Edifício com o Entorno (RE).

A categoria AS aborda temas relacionados à qualificação, saúde e segurança dos funcionários, além de boas práticas com a vizinhança, governo, fornecedores e demais envolvidos no processo.

As categorias CA e CE propõem ações para redução de água e energia, respectivamente, através do uso de dispositivos economizadores e outras ações gerenciais. A categoria CM aborda ações de compras responsáveis (madeira certificada, por exemplo), redução do consumo de materiais, dentre outros; GRE trata das ações para redução/ eliminação dos impactos causados pelos resíduos, emissão de material particulado e ruídos; A categoria GP aborda ações gerenciais, focando na sustentabilidade, dos diversos subsetores da obra (projeto, planejamento, etc). A categoria IP aborda ações visando o maior conforto e segurança dos ocupantes, transeuntes e vizinhança e a categoria RE propõe ações de mitigação dos impactos causados ao entorno.

Cada uma das boas práticas identificadas foi agrupada em apenas uma categoria. Quando uma boa prática poderia ser agrupada em mais de uma categoria (a exemplo da ação "Utilização de projeto para produção de alvenaria", que poderia ser agrupada nas categorias CM, GRE e GP), buscou-se direcioná-la a categoria na qual a boa prática seria mais impactante, considerando, para tal, a categoria já definida na pesquisa analisada.

A categoria Gestão de Resíduos e Emissões (GRE) foi a que apresentou o maior número de boas práticas (155), seguida das categorias Aspectos Sociais (131), Gestão dos Processos (97), Relação do Edifício com o Entorno (82), Instalações Provisórias (75), Consumo de Água (69), Consumo de Materiais (61) e Consumo de Energia (51).

Muitos trabalhos acadêmicos já foram desenvolvidos abordando soluções para a categoria GRE, principalmente em relação a gestão de resíduos em canteiro de obras, porém a adoção das ações de boas práticas ainda está ausente na maioria dos canteiros de obras. O tema "Emissões e Resíduos" na pesquisa realizada por Guimarães (2013) teve 88% das diretrizes consideradas como "importante" e "muito importante" pelas construtoras, porém o número de diretrizes adotadas nas empresas entrevistadas foi de apenas 20%. A categoria Aspectos Sociais (AS) teve o segundo maior número de boas práticas, reafirmando que a sustentabilidade na construção civil não depende somente dos aspectos ambientais.

De cada categoria apresentada foram selecionadas as boas práticas mais citadas pelos autores, conforme apresentado na Tabela 3, visando identificar aquelas mais prioritárias em futuras implementações, que necessitarão de indicadores para controle e monitoramento. A Tabela 3 mostra ainda, os indicadores propostos a partir das boas práticas analisadas.

Tabela 3. Boas práticas mais citadas por categoria e indicadores propostos

Categoria	Boas práticas	Indicadores propostos
AS	Treinar os colaboradores quanto às ações sustentáveis adotadas no canteiro; Prover ações relativas aos cuidados com a saúde e segurança dos funcionários; Capacitação profissional dos colaboradores.	Índice de capacitação da mão de obra; Número de ações de qualidade de vida no canteiro de obras.
CA	Utilizar sistemas economizadores; Realizar inspeções preventivas para evitar o desperdício de água; Promover medições e acompanhamento do consumo.	Consumo de água por trabalhador e ao longo da obra; Consumo de água por área construída; Utilização de componente economizador de água nos pontos de consumo.
CE	Utilizar equipamentos e aparelhos com baixo consumo de energia; Medir e monitorar o consumo de energia.	Consumo de energia ao longo da obra; Consumo de energia por área construída; Lâmpadas e equipamentos com selo PROCEL e/ou economizadores de energia.

Categoria	Boas práticas	Indicadores propostos
CM	Incorporação de critérios de sustentabilidade na seleção de produtos; Identificar indicadores e formas de monitorar o consumo de materiais da obra.	Consumo de concreto; Percentual de materiais de origem reciclados adotados na obra.
GRE	Implantar e monitorar o Plano de Gerenciamento de Resíduos; Utilizar os resíduos de construção na própria obra; Controlar as emissões de ruídos; Umedecer as superfícies para redução da poeira.	Geração de resíduos ao longo da obra; Geração de resíduos ao final da obra; Volume de aproveitamento de resíduos na obra; Custo para destinação final dos resíduos; Economia gerada com a doação/ venda dos resíduos; Reclamação de ruído; Reclamação por emissão de material particulado.
GP	Elaborar projetos de produção; Realizar o controle de perdas nos canteiros; Adotar procedimentos de gestão da qualidade.	Índice de incorporação de requisitos de meio ambiente nos contratos
IP	Planejar o layout das instalações com foco na eficiência energética; Definir e implantar medidas para a contenção e prevenção da erosão; Utilizar tapumes de materiais reaproveitáveis e mantê-los em boas condições.	Qualidade das instalações provisórias.
RE	Implantar medidas de proteção e preservação da vegetação remanescente; Conservar as vias públicas e calçadas em bom estado; Adotar procedimentos de comunicação com a vizinhança.	Índice de reclamações; Comunicados à vizinhança.

4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS INDICADORES PARA AS BOAS PRÁTICAS DE CANTEIRO SUSTENTÁVEL

Na busca por indicadores de sustentabilidade já utilizados pelas construtoras, foram analisados os indicadores obrigatórios exigidos pelo PBQP-H. Deve ficar claro que um indicador não é um número, e sim uma variável para a qual pode ser medido ou atribuído um valor, que pode ser quantitativo ou qualitativo (SILVIA, 2007). Os indicadores propostos na presente pesquisa são do tipo indicador de resultado e indicadores de processo. Os indicadores de resultado devem avaliar o atendimento aos objetivos estratégicos definidos pela empresa, enquanto os indicadores de processos avaliam se as características do processo atendem às necessidades do cliente (COSTA, 2008), sendo possível a identificação de possíveis problemas ao longo da execução das atividades no próprio canteiro de obras.

Com base nas boas práticas identificadas nas pesquisas analisadas, e nos indicadores ambientais exigidos no PBQP-H, foram definidos um conjunto de indicadores ambientais, considerados essenciais para o monitoramento, visando um canteiro de obras mais sustentável. Cada indicador proposto tem um objetivo implícito. Por exemplo, o indicador “Índice de capacitação da mão de obra”, visa diminuir e/ou eliminar os desperdícios por meio da capacitação dos funcionários

administrativos e operacionais das obras, em temas como: gestão de resíduos; 5S no canteiro; construção enxuta; dentre outros. A Tabela 4 apresenta os indicadores propostos por categoria.

Tabela 4. Proposta de indicadores ambientais por categoria

Categorias	Indicador	Fórmula	Unidade	Tipo
Aspectos sociais (AS)	Índice de capacitação da mão de obra	Horas de treinamento por funcionário no mês/ número de trabalhadores por mês	Unidade / trabalhador	Processo
	Número de ações de qualidade de vida no canteiro de obras	Número de ações de qualidade de vida para os trabalhadores	unidade	Processo
Consumo de água (CA)	Consumo de água por trabalhador e ao longo da obra	Consumo de água potável no canteiro de obras/ número de trabalhadores por mês	m³ de água / trabalhador	Processo
	Consumo de água por área construída	Consumo de água potável no canteiro de obras/ m2 de área construída	m³ de água / m² de área construída	Resultado
	Utilização de componente economizador de água nos pontos de consumo	Quantidade de componentes economizadores/ número de trabalhadores mês	Unidade / trabalhador	Resultado
Consumo de energia (CE)	Consumo de energia ao longo da obra	Consumo de energia elétrica no canteiro no mês/número de trabalhadores por mês	kWh de energia elétrica / trabalhador	Processo
	Consumo de energia por área construída	Consumo de energia no canteiro durante a obra/ m2 de área construída	kWh de energia elétrica / m² de área construída.	Resultado
	Lâmpadas e equipamentos com selo PROCEL e/ou economizadores de energia	Quantidade de componentes economizadores/ número de trabalhadores	Unidade / total de trabalhadores	Resultado
Consumo de materiais (CM)	Consumo de concreto	(Consumo real de concreto/ consumo calculado em projeto)x100	%	Resultado
	Percentual de materiais de origem reciclados adotados na obra	(Nº de materiais utilizados com origem de reciclagem/ total do material consumido) x100	%	Resultado
Gestão de resíduos e emissões (GRE)	Geração de resíduos ao longo da obra	Volume total de resíduos descartados (excluído solo) / número de trabalhador por mês	m³ de resíduos descartados / trabalhador	Processo
	Geração de resíduos ao final da obra	Volume total de resíduos descartados (excluído solo) /m2 de área construída	m³ de resíduos descartados / m² de área construída	Resultado
	Volume de reaproveitamento de resíduos na obra	Volume do resíduos beneficiados e reaproveitados/ Volume total dos resíduos gerados	m³/ m³	Resultado

Categorias	Indicador	Fórmula	Unidade	Tipo
	Custo para destinação final dos resíduos	R$ custo com destinação/ m³ resíduo gerado	R$/ m³	Resultado
	Economia gerada com a doação/ venda dos resíduos	R$ economizados com a doação ou obtido com a venda/ m³ resíduo gerado	R$/ m³	Resultado
	Reclamação de ruído	Número de reclamações de ruído por mês	unidade	Processo
	Reclamação por emissão de material particulado	Número de reclamações de material particulado por mês	unidade	Processo
Gestão dos processos (GP)	Índice de incorporação de requisitos de meio ambiente nos contratos	(n° de contratos com cláusula de sustentabilidade/ n° de contratos vigentes) x100	%	Processo
Instalações provisórias (IP)	Qualidade das instalações provisórias	(n° de itens "conformes" em relação ao tema avaliado /n° de itens inspecionados em relação tema avaliado) x100	%	Processo
Relação do edifício com o entorno (RE)	Índice de reclamações	Número de reclamações registradas no mês	unidade	Processo
	Comunicados à vizinhança	Número de comunicados enviados por mês	unidade	Processo

Os indicadores propostos abrangem os aspectos sociais, ambientais e econômicos, sendo essenciais para conduzir as ações de um canteiro sustentável, através de uma gestão simples e de baixo custo, que pretendem contribuir significativamente para a redução dos impactos causada pelas atividades nessa fase da construção.

5. CONCLUSÃO

Observa-se que as metodologias avaliadas, de um modo geral, buscaram desenvolver procedimentos com foco no âmbito nacional e internacional, considerando tanto aspectos ambientais quanto sociais. A partir das 721 boas práticas identificadas, as quais foram agrupadas em 8 categorias específicas, pode-se selecionar as boas práticas mais adotadas, que serviram de referência para o desenvolvimento dos 21 indicadores ambientais (pelos menos 1 por categoria) propostos nessa pesquisa.

Conclui-se que os indicadores ambientais foram pouco discutidos nas metodologias estudadas, sendo os mesmos de extrema importância na avaliação e monitoramento das ações. O monitoramento requer que rotinas sejam traçadas, modos de checagem da implantação sejam estabelecidos e indicadores de desempenho sejam definidos (PRIORI JR., 2011). Outro tema de grande importância e pouco discutido nas metodologias estudadas foram os custos necessários para a implantação das boas práticas. Os construtores ainda associam a adoção das práticas sustentáveis com o aumento dos custos, sem levar em consideração os benefícios obtidos com as mesmas, como a venda de materiais recicláveis; redução no consumo de água, energia e materiais; aumento da produtividade; redução no número de acidentes de trabalho; melhor relacionamento com a vizinhança; dentre outros.

Finalmente, com as análises obtidas nesse estudo, recomenda-se as seguintes propostas para trabalhos futuros: Desenvolvimento de uma metodologia para canteiros de obras sustentáveis, adaptada a realidade brasileira, visando a sua efetiva implantação; Desenvolvimento de estudos para implantação de boas práticas em canteiros de obras de infraestrutura; Estudos de avaliação dos custos para implantação das práticas sustentáveis em canteiros de obra; Desenvolvimento de um sistema de indicadores sustentáveis aplicados em canteiros de obra.
Esse trabalho faz parte de uma pesquisa de mestrado (em andamento), onde os indicadores propostos serão validados pela indústria da Construção Civil por meio de uma *survey*. Com base nos resultados obtidos, será realizada uma pesquisa de campo para implementação e análise do uso destes indicadores no canteiro de obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artigo de periódico
SILVIA, V.G. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. Ambiente Construído, Porto Alegre, V. 7, n. 1, p. 47-66, jan./mar. 2007.

Monografia, dissertação e tese
ARAÚJO, V. M. Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras. São Paulo, 229 p., 2009. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

COSTA, D. B. Diretrizes para a realização de processo de benchmarking colaborativo visando à implementação de melhorias em empresas de construção civil. Porto Alegre, 314 p., 2008. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

COUTINHO, S.L.M. Percepções relativas às práticas em sustentabilidade nos canteiros de obras. Vitória, 209 p., 2013. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

GEHLEN, J. Construção da sustentabilidade em canteiros de obras – Um estudo no DF. Brasília, 158 p., 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

GUIMARÃES, M. S. O. Diretrizes para desenvolvimento de canteiro de obras habitacional de baixo impacto ambiental. Salvador, 189 p., 2013. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana da Universidade Federal da Bahia.

OLIVEIRA, J.A. C. Proposta de avaliação e classificação da sustentabilidade ambiental de canteiros de obras. Metodologia ECO OBRA aplicada no Distrito Federal – DF. Brasília, 287 p., 2011. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia. Departamento de engenharia civil e ambiental.

LIMA, P. R. A. Diretrizes para a implantação de canteiros de obras com menor impacto ambiental, baseadas no referencial AQUA. Recife, 134 p., 2010. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco.

PRIORI JUNIOR, L. Estudo exploratório sobre gestão mais sustentável em canteiros de obras na Região Metropolitana do Recife. Recife 374 p., 2011. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Thomas, N. I. R. Implantação de canteiros de obra sustentáveis - Case da Nova Sede SINDUSCON-BA. Salvador 161 p., 2013. Monografia (Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

Vasconcelos, I. A. Modelo para prática e avaliação de canteiros de obra sustentáveis – uma visão Lean x Green x Wellbeing. Fortaleza, 234 p., 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil.

Portaria
MINISTÉRIO DAS CIDADES – Secretaria Nacional de Habitação – SNH. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. Brasília, Dezembro de 2012.

147. VERMICOMPOSTAGEM NO LOCAL DE TRABALHO, RUMO À SUSTENTABILIDADE

CAMPANI, Darci[*1](campani@ufrgs.brl); TUBINO, Rejane*[*1] (rejane.tubino@ufrgs.br); SAMUEL, Paulo*[*1] (paulo.samuel@ufrgs.br)*
[1]UFRGS, Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
Este artigo apresenta o projeto de Compostagem em operação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), desenvolvido dentro do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos de várias Unidades e setores (Ceclimar, Depto. Eng. de Materiais, AGA, Leamet, Lamef, Faculdade de Arquitetura, Escola de Administração, PGDR, NEEA, Casa da Economia Solidária, Gráfica, Centro de Sensoramento Remoto, CGTRQ), fazendo parte do Programa de Resíduos Não Perigosos. Todas operam com minhocas Vermelhas da Califórnia (*Eisenia fetida*), obtida a partir de uma primeira carga comprada, hoje a produção de minhocas é suficiente para o tratamento dos resíduos que lhes são destinados, bem como para a ampliação do projeto, também sendo utilizado para a divulgação em palestras para membros da comunidade acadêmica. O projeto visa reduzir os resíduos enviados para o serviço de coleta da prefeitura municipal e consequentemente para o aterro, em consonância com a Lei Federal 12.305/10 (PNRS), que determina que não deveriam mais estar sendo destinado aos aterros sanitários qualquer resíduo reutilizável, como a matéria orgânica. Na Escola de Administração, assim como na maioria das unidades, utiliza-se restos de frutas, de preparo de café e de erva de chimarrão, além das folhas do pátio, resultantes da varrição, principalmente por que o diagnóstico realizado demonstrou que as folhas eram a maior parte dos resíduos gerados. A primeira experiência tem mais de 8 anos de uso, sendo que nos últimos meses o número de locais que aderiram a proposta tem crescido rapidamente, permitindo que além da redução de resíduos destinados pela UFRGS, também sirvam de elemento de divulgação e vários servidores acabam adotando em suas casas a mesma prática. O aprendizado tem sido muito importante, pois cada unidade de compostagem tem apresentado comportamento diferenciado, o que tem permitido a análise do comportamento das minhocas e como obter o melhor desempenho.
Palavras-chave: Compostagem Caseira, Vermicompostagem, Aproveitamento de Matéria Orgânica.

ABSTRACT
This paper presents the Composting project in operation at the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), developed within the Solid Waste Management Plan of several Units and sectors (Ceclimar, Dep. Eng. de Materiais, AGA, Leamet, Lamef, Faculdade de Architecture, School of Management, PGDR, NEEA, House of Solidarity Economy, Graphic, Remote Sensing Center, CGTRQ) part of the Non-Hazardous Waste Program. All operate with California Red worms (*Eisenia fetida*), obtained from a first purchased load, today the production of earthworms is sufficient for the treatment of the wastes destined to them, as well as for the extension of the project, also being used for the dissemination in speeches for members of the academic community. The project aims to reduce the waste sent to the collection service of the municipal government and consequently to the landfill, in accordance with Federal Law 12,305/10 (PNRS), which determines that no reusable waste should be destined to landfills, such as organic matter. In the School of Administration, in addition to the remains of the preparation of coffee, grass and fruit remains, as in most of the Unit, the courtyard

leaves are used, resulting from sweeping, mainly because the diagnosis made in this School, Demonstrated that the leaves were the bulk of the waste generated. The first experience has more than 8 years of use, and in recent months the number of places that have adhered to the proposal has grown rapidly, allowing in addition to the reduction of waste destined for UFRGS, also serve as an element of dissemination and several servers end up adopting In their homes the same practice. The learning has been very important, since each composting unit has presented different behavior, which has allowed the analysis of the behavior of the worms and how to obtain the best performance.

1. INTRODUÇÃO

A Lei 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), no seu artigo 54 determina que a disposição final adequadamente ambiental dos rejeitos, deverá ser implantada em até 4 anos, ou seja, deveria ter ocorrido até agosto de 2014. Para entender plenamente este artigo tem que ser utilizado o conceito de rejeito, apregoado no inciso XV do artigo 3º, que fixa a definição de rejeitos como os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.
Dentro da restrição de que apenas os rejeitos poderiam estar sendo encaminhados para os aterros sanitários, somada a possibilidade de tratamento de grande parcela da matéria orgânica encontrada em nossos resíduos sólidos, pela geração de composto orgânico, os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos deveriam prever obrigatoriamente alternativas para esta fração dos resíduos sólidos.
Uma das alternativas que tem sido apregoada é a compostagem no local de geração, com isto reduzindo os custos de transporte para centrais de compostagem e gerando composto que pode ser aplicado localmente, incentivando várias formas de agricultura urbana ou mesmo melhorando o solo de jardins, também reduzindo os custos envolvidos no transporte destes materiais.

2. GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM UNIVERSIDADES

As Universidades pela quantidade de pessoas que circulam em suas salas de aulas, escritórios e mesmo em laboratórios, são responsáveis pela geração de uma quantidade significativa de resíduos sólidos, sendo que em sua composição normalmente é encontrada resíduos de café, chimarrão, frutas e outros materiais de fácil compostagem, o que permite o desenvolvimento de projetos de compostagem local destes materiais.
Na UFRGS, os diagnósticos sobre a geração de resíduos de suas Unidades, tem apresentado dados como os constantes nas tabelas 1 a 5.

Tabela 1 – Aspectos quali-quantitativos dos resíduos do CENTRO DE ESTUDOS COSTEIROS, LIMNOLÓGICOS E MARINHOS (Ceclimar).

Classe	Tipo	Quantidade (kg/dia)	%
A, B e E	**Perigosos**	**2,282**	**20,02**
A e E	**Infectantes e Perfuro cortantes**	**1,591**	**13,96**
B	**Químicos**	**0,691**	**6,06**
D	**Não perigosos**	**9,117**	**79,98**
	Recicláveis	**5,055**	**44,34**
	Plásticos	3,105	27,24
	Papéis/papelões	1,275	11,18
	Isopor	0,105	0,92
	Metais	0,050	0,44
	Outros	0,120	1,05
	Compostáveis	**3,220**	**28,24**
	Rejeitos	**0,842**	**7,39**
	Erros na segregação	**0,400**	**3,51**
	Total	**11,399**	**100,00**

Fonte: CAMPANI, 2012.

Tabela 2 – Aspectos quali-quantitativos dos resíduos do INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS (IPH).

Classe	Tipo	Quantidade (kg/dia)	%
A, B e E	**Perigosos**	**4,725**	**13,35**
A e E	**Infectantes e Perfuro cortantes**	**0,453**	**1,28**
B	**Químicos**	**4,272**	**12,07**
D	**Não perigosos**	**30,549**	**86,34**
	Recicláveis	**6,532**	**18,46**
	Plásticos	2,576	7,28
	Papéis/papelões	2,896	8,18
	Vidro	0,604	1,71
	Alumínio	0,317	0,90
	Outros	0,139	0,39
	Compostáveis	**11,902**	**33,64**
	Rejeitos	**12,115**	**34,24**
	Erros na segregação (Perigosos)	**0,108**	**0,31**
	Total	**35,382**	**100,00**

Fonte: CAMPANI, 2012.

Tabela 3 – Aspectos quali-quantittivos dos resíduos do CENTRO DE TECNOLOGIA (CT).

Classe	Tipo	Quantidade (kg/dia)	%
B	**Perigosos - Químicos**	**0,516**	**3,02**
D	**Não perigosos**	**16,588**	**96,98**
	Recicláveis	**2,196**	**12,84**
	Plásticos	0,229	1,34
	Papéis/papelões	1,828	10,69
	Metais	0,075	0,44
	Outros	0,064	0,37
	Erros na segregação	**3,404**	**19,90**
	Compostáveis	**0,00**	**0,00**
	Rejeitos	**10,988**	**64,24**
	Total	**17,104**	**100,00**

Fonte: CAMPANI, 2012.

Tabela 4 – Aspectos quali-quantitativos dos resíduos da Faculdade de Arquitetura.

Classe	Tipo	Quantidade (kg/dia)	%
B	**Perigosos - Químicos**	**0,516**	**1,29**
D	**Não perigosos**	**39,435**	**98,71**
	Recicláveis	**23,635**	**59,16**
	Plásticos	3,100	7,76
	Papéis/papelões	10,575	26,47
	Vidro	9,950	24,90
	Alumínio	0, 010	0,03
	Compostáveis	**0,00**	**0,00**
	Erros na segregação	**1,950**	**4,88**
	Rejeitos	**13,850**	**34,67**
	Total	**39,951**	**100,00**

Fonte: CAMPANI, 2012.

Tabela 5 – Aspectos quali-quantittivos dos resíduos do INSTITUTO DE BIOLOGIA (IB).

Classe	Tipo	Quantidade (kg/dia)	%
A, B e E	**Perigosos**	**35,507**	**42,24**
A e E	**Infectantes e Perfuro cortantes**	**24,125**	**28,70**
B	**Químicos**	**11,382**	**13,54**
D	**Não perigosos**	**48,542**	**57,76**
	Recicláveis	**11,898**	**14,16**
	Plásticos	2,948	3,51
	Papéis/papelões	8,948	10,65
	Vidro	0,001	0,00
	Alumínio	0,001	0,00
	Erros na segregação	**3,296**	**3,92**
	Compostáveis	**0,00**	**0,00**
	Rejeitos	**33,348**	**39,68**
	Total	**84,049**	**100,00**

Fonte: CAMPANI, 2012.

Destacando-se a informação de que, onde a fração compostável foi segregada, apresentou valores superiores a 30% do total dos resíduos gerados.
A dificuldade, na obtenção destes dados, ocorre pela falta de segregação na fonte, mesmo que o sistema de coleta da UFRGS já preveja a cor marrom, para os sacos plásticos a serem utilizados para a coleta de materiais compostáveis, diferenciando dos materiais coletados em sacos pretos, como os não recicláveis, ou que também podem ser entendidos como sendo os rejeitos, além dos sacos azuis para os recicláveis. Esta situação é explicada pela não implantação plena do projeto de compostagem, com a instalação de composteiras em pontos internos da UFRGS, sendo que onde não existe a estrutura para o tratamento, não se justifica a coleta segregada.

3. PLANOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E A COMPOSTAGEM LOCAL

A UFRGS vem desenvolvendo o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, conforme prevê a Lei 12;305/10, a partir de Planos específicos de suas Unidades Acadêmicas. Sendo que um dos itens apregoados é a implantação de composteiras locais.
A tecnologia utilizada tem sido com a utilização de minhocas Vermelhas da Califórnia, por suas características operacionais, como a velocidade de decomposição do material, independência em relação a temperatura ambiente e a disponibilidade de minhocas, pela sua fácil e rápida reprodução. Dos dados obtidos, na fase de diagnóstico, cabe salientar que a fração compostável, medida no Ceclimar, já se trata de matéria orgânica destinada a composteira local, tendo sido colocado como não reciclável, ainda a fração coletada pela varrição do pátio, que é majoritariamente composta de folhas, que também deverão ser destinadas a compostagem. No caso do IPH os valores obtidos representam materiais encontrados nos sacos pretos, destinados a não recicláveis, mas que pela concentração de materiais compostáveis, foi possível a sua segregação no momento da pesagem. Estes dados salientam que as experiências já iniciadas de compostagem deverá crescer nos próximos anos. Nas figuras abaixo são apresentadas composteiras já implantadas em Unidades internas da UFRGS, como o Ceclimar, Depto. Eng. de Materiais, AGA, Leamet, Lamef, Faculdade de Arquitetura, Escola de Administração, PGDR, NEEA, Casa da Economia Solidária, Gráfica, Centro de Sensoriamento Remoto, CGTRQ.

Figura 1 – Projeto Ecohorta e Composteira instalada no Ceclimar



Figura 2 – Montagem da Composteira instalada Escola de Administração



Figura 3 – Composteira instalada a partir do aproveitamento de embalagens no Centro de Sensoriamento Remoto.



Figura 4 – Composteira instalada na Assessoria de Gestão Ambiental (AGA)



Figura 5 – Aspecto interno da Composteira



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As composteiras em operação na UFRGS tem demonstrado que a prática do tratamento no local de geração destes resíduos representa uma prática viável e que aponta para uma solução, visando o atendimento da Lei 12.305/10, que determina o aproveitamento de todos os resíduos que possam sofrer transformações e reaproveitados, principalmente pelo quantitativo encontrado de mais de 30%, o que representa uma forma concreta de ser praticado o conceito de sustentabilidade.
O manejo das composteiras tem permitido a apropriação de um conhecimento novo, pois para cada material a ser compostável a reação das minhocas é diferente, também a influência do local na operação tem sido analisada e aperfeiçoada.
Em todas as palestras realizadas, para a demonstração do processo, são levadas amostras do material com as minhocas e sempre existem pessoas que levam as minhocas para aplicar em suas casas, o que é coerente com um dos objetivos do projeto, que é da difusão da proposta de compostagem local.
Dados preliminares já estão sendo gerados, devendo ser devidamente sistematizados, mas em todas as medições realizadas, o pH do lixiviado, através de papel medidor de pH, os valores encontrados foram em torno de 8,5, demonstrando que o material tem sofrido a devida degradação e que serve também como corretor do solo.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. *Lei 12.305/2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 147, 3 ago. 2010a. Seção 1, p. 3. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em 01 de maio de 2016.

CAMPANI, D. B. **DESENVOLVIMENTO DE PLANOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR E ACOMPANHAMENTO ATRAVÉS DE FERRAMENTA DE GESTÃO**. TEXTO PARA O EXAME DE QUALIFICAÇÃO. PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA EM MINAS, METALURGIA E DE MATERIAIS, Escola de Engenharia, UFRGS, 2016.

154. MODELOS DE NEGÓCIOS APLICADOS EM ETEs SUSTENTÁVEIS BASEADAS NOS CONCEITOS DE ECONOMIA CIRCULAR E NEXUS

FRANCI, Thiago[1](thiagokfranci@gmail.com); FELIPE, Ednilson[2] (ednilsonfelipe.ufes@gmail.com);*
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil

RESUMO
O atual modelo econômico linear dos sistemas urbanos, no qual a orientação é extrair, transformar e descartar é o grande responsável pelo rápido esgotamento de diversos recursos fundamentais para a vida humana. Não obstante, já é consenso em todo o mundo que as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) têm papel importante na construção de um futuro mais sustentável, devido a seu grande potencial de recuperação e reutilização de recursos. A partir do esgoto sanitário podem ser gerados água para fins potáveis ou não, energia e importantes nutrientes podem ser reciclados (principalmente o fósforo). Em muitos países as ETEs têm sido consideradas verdadeiras fontes de recursos, alinhando-as aos conceitos de Economia Circular e Nexus, de modo a torná-las sustentáveis e ao mesmo tempo maximizar receitas. Diversas pesquisas e diferentes modelos de negócios estão sendo aplicados em ETEs por todo o mundo e resultados positivos são destacados neste trabalho. O setor de saneamento básico no Brasil, além apresentar índices baixíssimos de coleta e tratamento de esgoto, ainda não despertou para a importância destes novos conceitos. Este artigo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica a respeito dos conceitos de Economia Circular e Nexus, assim como de modelos de negócios aplicados aos recursos recuperados de Estações de Tratamento de Esgoto atualmente no Brasil e no mundo. Assim como diversos países da Europa e América do Norte, é importante que o Brasil invista mais em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias para que as ETEs passem a ser planejadas para serem sistemas circulares e contribuam com a sustentabilidade ambiental dos centros urbanos.
Palavras-chave: Estações de Tratamento de Esgoto; Nexus, Economia Circular; Modelos de Negócio em ETEs.

BUSINESS MODELS APPLIED IN SUSTAINABLE STPs BASED ON CONCEPTS OF CIRCULAR ECONOMY AND NEXUS

ABSTRACT
The current linear economic model of urban systems, in which the orientation is to extract, transform and discard, is responsible for the rapid exhaustion of several fundamental resources for human life. Nevertheless, it is already widely recognized that Sewage Treatment Plants (STP) play an important role in building a more sustainable future, due to their great potential for recovery and reuse of resources. From sanitary sewage can be generated water for drinking purposes or not, energy and important nutrients can be recycled (mainly phosphorus). In many countries, STP has been considered true sources of resources, aligning them with the concepts of Circular Economy and Nexus, in order to make them sustainable while maximizing revenue. Several researches and different business models are being applied in STPs all over the world and positive results are highlighted in this work. The basic sanitation sector in Brazil, besides presenting very low rates of collection and treatment of sewage, has not yet awakened to the importance of these new concepts. This article aims to perform a bibliographic review regarding the concepts of Circular Economy and Nexus, as well as business models applied to the resources recovered from Sewage Treatment Stations currently in Brazil and in the world. Like many countries in Europe and North America, it is

important that Brazil invest more in research and development of technologies so that STPs are planned to be circular systems and contribute to the environmental sustainability of urban centers.
Keywords: sewage treatment stations; Nexus, Circular Economy, Business Models in STPs

1. INTRODUÇÃO

Apesar do progresso substancial em muitas áreas, o desenvolvimento humano tem sido desigual: Aproximadamente um sétimo da população mundial não tem um abastecimento alimentar seguro e tem acesso limitado a água potável, saneamento ou fontes modernas de energia (Hoff, 2011). Consta no relatório da *Conservation International* que nos próximos anos um dos maiores desafios globais será atender às crescentes demandas por alimentos, água e energia, visto que esses recursos são cada vez mais limitados. De acordo com as estimativas da *United Nations*, até 2030 será necessário 30% mais água, 45% mais energia e 50% mais alimentos, e as alterações climáticas irão agravar ainda mais esse quadro. Percentuais similares são encontrados no relatório da GIZ e ICLEI (2014), no qual em um cenário global, a demanda por água, energia e alimentos crescerá entre 30 e 50% até o ano de 2030. Tais previsões mostram o quão urgente é que, de maneira conjunta, as nações se empenhem em alcançar as metas para redução do aquecimento global e garantir que as futuras gerações disponham de quantidades seguras de recursos hídricos, energéticos e alimentares. Uma estratégia cada vez mais aplicada é a utilização de abordagens modernas, como a de Economia Circular e Nexus no planejamento e execução de infraestruturas urbanas para que haja um melhor aproveitamento dos recursos, podendo ser recuperados, reciclados e reutilizados e, portanto, serem considerados sustentáveis. Para que se alcance maior eficiência na utilização dos recursos é necessário a interação entre os diversos setores responsáveis pelas tomadas de decisões de modo a maximizar os ganhos econômicos, sociais e ambientais através de um melhor aproveitamos dos recursos globais.

2. OBJETIVO

Realizar uma revisão bibliográfica a respeito dos conceitos de Economia Circular e Nexus, assim como de modelos de negócios aplicados aos recursos recuperados de Estações de Tratamento de Esgoto atualmente no Brasil e no mundo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa tem caráter bibliográfico e se utiliza de dados secundários, obtidos em relatórios de gestão, artigos científicos e demais publicações da área de saneamento e abordagem Nexus. Caracteriza-se por uma revisão da bibliografia existente a fim de reafirmar as evidências da importância de nova visões sobre as diferentes formas de economicidade e tecnologias no tratamento de esgoto no Brasil e no mundo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abordagem da Economia Circular se constitui de uma ferramenta em que pretene alinhar as ideias de desenvolvimento econômico em convergencia com a sustentabilidade, reduzindo trade-offs e podendo ser aplicada em qualquer sistema e em qualquer escala. Há vários anos sabe-se que o atual modelo econômico linear dos sistemas urbanos, frequentemente chamado de “extrair, transformar, descartar”, se tornou insustentável e deve ser substituído (Daigger, 2009 e Novotny, 2008). Sistemas lineares intensivos em poluição e necessitam de cada vez mais recursos (água, ar, terra, etc.) para diluição e assimilação de resíduos do que um sistema circular baseado “recuperar, reutilizar e reciclar” (Novotny, 2012). O modelo linear depende de grandes quantidades de materiais de baixo custo e fácil acesso, além de energia, e, aliado aos atuais padrões de consumo das

sociedades, é a principal razão do rápido esgotamento dos recursos naturais em todo o planeta. De acordo com a UE (2014), pode-se definir Economia Circular como: um conceito teórico que está principalmente preocupado com a transição da produção linear e modelo de consumo de "take-make-dispose" ("extrair, transformar, descartar") para a restauração e reutilização, reparação, renovação e reciclagem de materiais e produtos existentes. Com base nos princípios fundamentais da "redução, reutilização e reciclagem", o conceito de Economia Circular pretende alcançar "melhor produção, minimizando a utilização de recursos naturais e emissão de poluentes ao mesmo tempo, e mínimo desperdício, reutilizando os resíduos da produção, reciclacando e restaurando os resíduos tecnicamente inúteis" (Wu et al, 2014:. 164). O paradigma da economia circular sustenta continuamente a circulação de recursos e energia num sistema fechado (o planeta), reduzindo a necessidade de novas entradas de matéria-prima em sistemas de produção (Genovese *et al*., 2017).

Uma economia circular é uma alternativa atraente e viável que diversas empresas já começaram a explorar (EMF, 2012). Ainda que não seja na mesma intensidade e direção, as empresas têm se tornado mais conscientes sobre tal conceito, vendo-o como um mecanismo que pode ser usado na criação de vantagens competitivas (EMF, 2013). Entende-se que a Economia Circular não se preocupa apenas com a redução do uso do ambiente como um dissipador de resíduos (Andersen, 2007) ou com a redução do "cradle-to-grave" (berço à sepultura) do fluxos de materiais (como a gestão da cadeia de suprimento sustentável sugere), mas sim com a criação de metabolismos que permitem métodos de produção que são auto-sustentáveis, fieis à natureza e em que os materiais são usados mais e mais vezes (McDonough e Braungart, 2002). Partindo deste princípio, em 2013 a Ellen MacArthur Foundation criou o Programa Circular Economy 100 (CE100) para apoiar empresas, governos e cidades no aproveitamento dessas oportunidades. Essa plataforma global reúne empresas líderes em seus mercados (por exemplo Cisco, Google, H&M, Intesa Sanpaolo, NIKE Inc., Philips, Renault e Unilever, etc.), inovadores emergentes, PMEs, órgãos governamentais, cidades, parceiros acadêmicos e redes afiliadas para acelerar a transição para a economia circular. O CE100 promove um fórum exclusivo para a criação de capacidades circulares, endereçando barreiras comuns ao progresso, entendendo as condições necessárias para a implementação e adotando projetos-piloto de práticas circulares em um ambiente colaborativo
No entanto, é importante destacar que o conceito de Economia Circular preocupa-se principalmente com os fluxos de materiais em sistemas econômicos, através de uma mudança de paradigma na filosofia de produção, deixando, portanto, outras questões importantes, tais como o entendimento dos impactos ambientais (como, por exemplo, os relacionados com o consumo de energia e emissões de carbono) e as implicações de tais impactos não resolvidos (Genovese *et al*., 2017).
Diversas correntes por todo o mundo entendem que a política convencional e a tomada de decisões em "silos" precisam dar lugar a uma abordagem que reduza os trade-offs e crie sinergias entre os setores. Nesse contexto surge o conceito de Nexus. Este conceito, voltado principalmente para a relação entre os recursos água, energia e alimento, aborda externalidades entre setores e busca o alcance da eficiência global na utilização dos recursos. O Nexus reconhece que os setores de água, energia e alimentos são tão fortemente interligados que ações em uma área geralmente provocam impactos nas outras. Frequentemente esses setores operam isoladamente, e a busca por segurança em um deles pode comprometer os demais. Nesse contexto, o Nexus emergiu como um conceito útil para descrever e abordar a natureza complexa e inter-relacionada de nossos sistemas de recursos globais, dos quais dependemos para atingir diferentes objetivos sociais, econômicos e ambientais (FAO, 2014). Em termos práticos, o Nexus pode ser definido como uma abordagem para avaliação, desenvolvimento e implementação de políticas, que incide simultaneamente sobre a água, energia e segurança alimentar (Bizikova et al., 2014). Mais amplamente, apresenta uma

abordagem conceitual e analítica para sistemas sócio-ecológicos e oferece um quadro para a gestão coordenada e utilização de recursos naturais em todos os setores e escalas (FAO, 2014).

O conceito de Nexus pode apoiar uma transição para a sustentabilidade, reduzindo trade-offs e gerando benefícios adicionais que compensam os custos de transação associados a uma integração mais forte entre setores. Esses ganhos devem apelar para o interesse nacional e incentivar os governos, o setor privado e a sociedade civil a se envolverem (Hoff, 2011). A análise baseada em evidências das interações Nexus e o desenvolvimento de cenários, visões estratégicas e opções de resposta são realizadas através de um diálogo com as partes interessadas. Idealmente, o processo de diálogo ajuda a tornar explícitos os diferentes objetivos, interesses e usos das partes interessadas e oferece um processo para conciliar essas diferenças. Contribui para aumentar a conscientização sobre a natureza interligada dos sistemas de recursos globais e construir bases comuns entre as diferentes partes interessadas (FAO, 2014). A abordagem Nexus determina que é necessário analisar de maneira holística qualquer tipo de investimento, visto que uma escolha errada pode solucionar um problema porém criar outros.

4.1 ETEs SUSTENTÁVEIS E O QUADRO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL

Com o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável em meados dos anos 80 e as crescentes preocupações ambientais devido ao rápido crescimento urbano, o conceito de cidades ecologicamente corretas tem sido cada vez mais utilizado para o planejamento de espaços, assim como para melhoria de cidades já existentes em termos de utilização de energia e emissão de CO2 (Stoltz, Shafqat e Lundqvist, 2014). As Cidades do Futuro ou Ecocidades representam uma grande mudança de paradigma na forma como as novas cidades serão construídas ou as mais antigas serão reequipadas para alcançar uma mudança do status insustentável atual para a sustentabilidade, cumprir as metas de emissão de zero gases de efeito estufa (GEE), reutilizar e reciclar a água e recuperar recursos, incluindo nutrientes (Novotny et al., 2010).

Ao analisarmos as mudanças que estão sendo planejadas e propostas para as cidades do futuro baseadas nos conceitos de Desenvolvimento Sustentável, Economia Circular e Nexus, é importante levarmos em consideração as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), que representam um importante papel na disponibilidade dos recursos naturais nas cidades. As ETEs tradicionais têm como objetivo principal o tratamento das águas residuárias e sua correta disposição. Entretanto, nessa nova configuração das cidades em direção ao desenvolvimento sustentável, algumas correntes da sociedade já estão exigindo mais das ETEs, para que auxiliem no combate à crise hídrica (reaproveitamento e reúso de água), que sejam autossuficientes no consumo de energia permitindo que mais energia elétrica seja disponibilizada à população neste momento de crise energética, e que também recupere nutrientes que compõem as águas residuárias e que podem aumentar e baratear a produção de alimentos.

Von Sperling (2016) em seu trabalho Urban wastewater treatment in Brazil em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), traça o atual quadro no esgotamento sanitário no Brasil. De acordo com a pesquisa, em termos de cobertura dos serviços de saneamento no Brasil, aproximadamente metade da população está conectada a um sistema de coleta de esgotos e cerca de 70% dos esgotos coletados em redes são tratados. Em termos de fluxo, apenas cerca de 40% do esgoto produzido é tratado. Os dados utilizados refletem a cobertura em termos de população e volume associados à coleta de esgoto em 2013 no Brasil, com base nos questionários recebidos

pelo SNIS. Deve-se notar que os dados estão relacionados apenas à coleta de esgoto pela rede de coleta de esgoto, e não cobrem o saneamento no local.

Esta análise aponta para as grandes diferenças regionais no Brasil, mas reforça o fato de que, mesmo nas regiões mais desenvolvidas, a cobertura em termos de tratamento de esgoto está longe de ser desejável. É necessário um esforço muito grande para melhorar estes índices. Apesar das melhorias terem sido alcançadas nos últimos anos, a realidade ainda está muito longe do ideal. Estima-se que, do total de 5.570 municípios no Brasil, cerca de 1.900 (34%) possuem ETEs (estações de tratamento de esgoto). O número total de ETEs no Brasil é estimado em cerca de 2.800 plantas. Um levantamento realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) no Brasil em 2015, com dados (ainda preliminares e sujeitos a alterações) obtidos de 2.187 ETEs, indica que as configurações de tratamento mais adotadas em termos de número de tratamentos (mais de 200 estações de tratamento em cada configuração) são, nesta ordem: Lagoa anaeróbica seguida por Lagoa Facultativa; Reator UASB (Up flow Anaerobic Sludge Blanket); Lodos ativado; Lagoas seguidas por lagoas de maturação; Tanque séptico seguido por filtro anaeróbico.

4.2 MODELOS DE NEGÓCIO DESENVOLVIDOS EM ETEs SUSTENTÁVEIS

Os resultados apresentados no trabalho de Von Sperling (2016) evidenciam que além de ter índices baixíssimos de coleta e tratamento de esgoto, o país não tem optado nas últimas décadas por tecnologias que tenham como objetivos secundários a recuperação e aproveitamento de insumos a partir do tratamento de esgoto. Devido à escassez de recursos, os países têm considerado cada vez mais as ETE não apenas como sistemas necessários para atender a um serviço básico e gerador de despesas, mas como uma oportunidade de aproveitamento de seus valiosos insumos a partir do tratamento de esgoto de modo a transformar as ETEs em verdadeiras unidades de produção. Atualmente existe uma corrida tecnológica para desenvolvimento de tecnologias e patentes que gerem vantagem competitiva às empresas que desejam explorar esses insumos. Companhias de saneamento por todo o mundo tem diversificado suas fontes de receitas com a vendas de água de reúso, energia (auto alimentação ou venda) e nutrientes reciclados dos processos de tratamento, variando assim suas receitas que antes eram limitadas às cobranças de taxa de coleta e tratamento do esgoto sanitário.

Maaß e Grundmann (2016) fizeram um estudo sobre o valor adicionado da ligação entre as cadeias de valor gerados pelo reuso do esgoto tratado e do lodo gerado em plantações, assim como a produção de biocombustíveis na cidade de Braunschweig/Alemanha, que mostra como o aproveitamento de insumos provenientes do tratamento de esgoto podem gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais. Todo o esgoto gerado na cidade é tratado e então reutilizado nas plantações locais. A água é rica em nutrientes o que gera economia para os agricultores pela menor utilização de fertilizantes industriais, além disso, o próprio lodo gerado na ETE também é tratado e reutilizado para enriquecimento do solo. Quem gerencia a utilização desta água e o fornecimento do lodo é a própria associação local dos fazendeiros, que também utiliza parte das plantações para geração de biocombustíveis. O estudo mostrou que os benefícios gerados são muitos, tanto para a comunidade local como para o estado, como: diminuição dos custos de produção dos fazendeiros, aumento da produtividade nas lavouras, aumento da coleta de impostos, aumento da geração de empregos, economia de água, economia de energia, etc.

Vários outros exemplos semelhantes podem ser citados, como por exemplo a reforma na ETE de Stoke Bardolph (Inglaterra) de 6,8 milhões de libras esterlinas utilizando o combinado dos processos PHOSPAQ, BIOPAQ UASBplus e ANAMMOX recentemente realizada para torná-la mais eficiente.

A remodelação da ETE, que atende a uma população de 650.000,00 pessoas, substituiu o um processo convencional de lodos ativados para possibilitar a recuperação de nutrientes, geração de biogás e economia de energia. As mudanças permitiram a redução de custos operacionais, economia de 40% do capex e redução da área física da planta em três quartos. Os dois reactores PHOSPAQ da Stoke Bardolph são a primeira instalação do Reino Unido e apenas a terceira na Europa e são utilizados para precipitação de cristais e estruvita. Espera-se uma economia de £ 70.000 por ano pela redução de custos de manutenção por danos causados pela estruvita nos equipamentos da planta. Além disso, precipitar struvita irá gerar aproximadamente 736 toneladas por ano de fósforo para conversão em fertilizantes, proporcionando à ETE receitas adicionais. Espera-se que as instalações produzam aproximadamente 2 toneladas por dia de estruvita de alta qualidade, equivalente a 2.000 toneladas por dia de rocha minada.

Espera-se que a quantidade de fosfato utilizada em fertilizantes alcance 52,9 milhões de toneladas até 2030, e as Nações Unidas preveem um aumento de 70% até 2050. O preço do minério de fosfato tem aumentado significativamente nos últimos 10 anos, e hoje atualmente é três vezes mais caro do que em 2006 (Michell, 2016). Sabendo que 20% de toda a atual demanda por fósforo pode ser atendida pela recuperação a partir do tratamento de esgoto, algumas empresas têm direcionado seus esforços na recuperação de comercialização de nutrientes, como por exemplo a Berliner Wasserbetriebe, empresa de saneamento da capital alemã, que patenteou um fertilizante de alta qualidade chamado Berlin Pflanze®, obtido a partir da extração de nutrientes do tratamento de esgoto da ETE Waßmannsdorf. O produto é composto por magnésio, fósforo e nitrogênio na proporção 12-5-23 e foi premiado em 2015 com o Prêmio GREENTEC. De acordo com a empresa, o Berlim Pflanze® é cristalino, inodoro e é constantemente monitorado de acordo com os regulamentos relativos a adubos. Os preços de venda do produto apresentados atualmente no site da empresa são de EUR2,50/0,5Kg, EUR4,0/2,0Kg e EUR10,0/5,0Kg (Berliner Wasserbetriebe 2016).

De maneira similar, a Ostara Nutriente Recovery Technologies, empresa canadense sediada em Vancouver, desenvolveu e patenteou um fertilizantes de liberação contínua a partir do tratamento de esgoto em ETEs chamado Crystal Green®. O produto é composto por fósforo, nitrogênio, magnésio e potássio na proporção de 5-28-0-10 e o investimento tem seu payback entre 5 e 10 anos. A empresa tem 14 instalações distribuidas entre América do Norte e Europa, sendo que 12 delas já estão em funcionamento. A empresa atua na Estação de Tratamento de Esgoto de Hillsboro, Oregon, que em 2012 se tornou a maior instalação municipal de recuperação de nutrientes no mundo, capaz de recuperar pelo processo chamado Pearl® aproximadamenteo 550 toneladas de fósforo por ano utilizando um sétimo da quantidade de energia necessária para produzir a mesma quantidade de um fertilizante comum (Ag Link 2012). A Ostara adota um modelo de negócio atraente para seus possíveis clientes, visto que se compromete a comprar todo o Crystal Green produzido por um valor pré-determinado em contrato, para então revender aos produtores de fertilizante. Neste mesmo mercado ainda podemos citar a Veolia Water Tecnlogies, com sua tecnologia patenteada Struvia™ (Struvia), e a Suez Environment com seu processo Phosphogreen (Suez Environment) cujas finalidades também são a reciclagem de nutrientes pela precipitação de estruvita de águas residuárias. Muitas dessas empresas fazem parte do programa P-Rex, financiado pelo 7th Framework Program (7FP), e cuja finalidade é incentivar o desenvolvimento de tecnologias e pesquisas a respeito dos nutrientes recuperados de águas residuárias. Durante o P-Rex foi desenvolvido o e-Market, uma plataforma não comercial desenvolvida para facilitar o desenvolvimento de um mercado para nutrientes reciclados. Nessa plataforma, que já foi incluída

no website da European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP), é possível que clientes em potencial entrem em contato com fornecedores de nutrientes reciclados, fazendo uma ponte para que os negócios se desenvolvam (Phosphorus Platform).

O 7th Framework Program (7FP) é o principal instrumento da União Européia para financiar atividades de investigação e demonstração, e teve um orçamento total para o período de 2007 à 2013 de 51 mil milhões de euros (69 mil milhões de dólares) dos Estados-Membros da União Européia e o Parlamento Europeu. No ano de 2011 três consórcios foram selecionados para receberem investimentos deste programa para pesquisa e desenvolvimento tecnológico com ênfase especial na produção de biocombustíveis em um total de € 31 milhões (US$ 42 milhões). Os consórcios vencedores Biofat, All-gas e InteSusAl, que juntos fazem parte do Algae Cluster, desenvolveram tecnologias que foram testadas em escala piloto para extrair recursos do tratamento do esgoto e torná-los comercializáveis. Aproveitamento de biocombustíveis via crescimento algal, recuperação de nutrientes e geração de energia foram alguns dos objetivos dos consórcios formados por empresas de diversos países europeus (Algae Cluster).

Enquanto na Europa e América do Norte muito investimento em pesquisa e desenvolvimento tecnológico tem sido realizado, pouco avanço tem acontecido no Brasil. Algumas concessionárias têm relatado experiências positivas ao investir em tecnologias para geração de energia através do biogás, investimentos em tratamento terciário para produção de água de reúso e precipitação de estruvita, no entanto poucas pesquisas em andamento tem trabalhado no intuito de desenvolver tecnologias para aproveitamento completo dos insumos resultantes do tratamento de esgoto analisando o problema de maneira holística.

A Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN, em parceria com a empresa privada Fluir Engenharia e a Universidade Federal do Espírito Santo - UFES estão desenvolvendo uma ETE em escala piloto financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, próxima à ETE de Araçás, Vila Velha/ES. O projeto chamado “Soluções tecnológicas integradas para potencializar a geração de biocombustíveis em estações de tratamento de esgotos que utilizam processos à base de microalgas” tem como objetivo principal a geração de energia elétrica pelo aproveitamento de biogás de modo a tornar a ETE autossuficiente, precipitação de estruvita (recuperação de nutrientes) e produção de água de reúso para fins não potáveis. Os pilotos já estão em funcionamento e em fase de coleta de resultados.

Um outro exemplo é a ETE Ibirité, gerida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA MG), onde será aproveitado o biogás gerado para secagem do lodo produzido pela planta e para geração de energia elétrica que retroalimentará o próprio sistema. Além disso, parte do efluente tratado a nível terciário será vendido para unidades industriais da Petrobrás para resfriamento de máquinas, e parte já está sendo utilizada nos próprios processos. Também será utilizado o potencial energético do lodo para geração de energia (COPASA).

5. CONCLUSÃO

Em todo o mundo cada vez mais o esgoto sanitário tem sido enxergado como um valioso meio de extração de recursos importantes. A escassez mundial dos recursos água, energia e nutrientes (especialmente fósforo) tem acelerado o desenvolvimento de tecnologias que permitam que a recuperação desses insumos resulte (entre outras coisas) em benefícios financeiros para empresas.

É importante que as empresas desenvolvam modelos de negócios inteligentes e lucrativos que estimulem cada vez mais esse tipo de prática.

O Brasil, assim como vários países em desenvolvimento, ainda tem um longo caminho até atingir a universalização da coleta e tratamento do esgoto sanitário, e para tal grandes investimentos terão de ser feitos nas próximas décadas. É fundamental que os gestores responsáveis pelo planejamento se apoiem nos conceitos de Economia Circular e Nexus para a tomada de decisão, pois diante do atual cenário e do futuro que se projeta não há mais espaço para desperdícios. Algumas pesquisas estão em curso no país para criação e aprimoramento de tecnologias que recuperem e permitam a reutilização dos insumos resultantes do tratamento de esgoto que devem ser estimuladas e aproveitadas no planejamento das ações. Muitos países já entendem que esse não mais um tipo de investimento opcional, mas necessário para assegurar a disponibilidade desses recursos no futuro e também pelo fato de serem extremamente lucrativos quando bem explorados. As pesquisas tecnológicas estão em curso e o próximo desafio dos gestores será o desenvolvimento de modelos de negócios para maximizar os ganhos com a comercialização desses insumos. Traçar cadeias de valor, estruturar cadeias de clientes, fornecedores, logística e de todos os stakeholders envolvidos, assim como avaliar a viabilidade econômica desse tipo de projeto é tarefa fundamental para que as empresas tenham segurança e se sintam cada vez mais estimuladas a fazer esse tipo de investimento. Esse é o papel dos pesquisadores e gestores.

Em paralelo é importante que a regulação para utilização desses insumos no Brasil sejam revistas e atualizadas. A maior parte da legislação existente foi desenvolvida para padrões lineares de produção e consumo (IWA 2016), e necessita ser melhorada para estimular a recuperação, reutilização e reciclagem. A utilização de insumos como água, energia e nutrientes já é bem definida e regulada a vários anos em diversos países de primeiro mundo, o que estimula o investimento empresarial. No Brasil ainda não existe regulação para várias dessas práticas, o que inviabiliza a ação das empresas.

O Brasil precisa de gestores capacitados que entendam que tratar o esgoto já não é mais suficiente. Com uma visão mais ampla, o sistema de esgotamento sanitário brasileiro tem potencial para ser uma importante fonte de água, colaborar com a matriz energética do país, recuperar nutrientes que estão atingindo seu pico e ainda colaborar com a mitigação do lançamento de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. A mudança em direção a um cenário mais sustentável é possível, basta que haja real e sincero interesse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN M. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. Sustainability Science 2007;2(1):133–40.

BIZIKOVA L., CRAWFORD E., NIJNIK M., SWART R. Mitigation and adaptation strategies for global change 19 (4), 411-430

Berliner Wasserbetriebe. http://www.bwb.de/content/language1/html/6946.php. Acesso em: 09/12/2016. [Online].

COPASA. http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/esgotamento-sanitario/valorizacao-do-esgoto/conteudos/ete-sustentavel. Acesso em: 09/12/2016. [Online].

Conservation International (CI) - Business & Sustainability Council (BSC): Resources The Energy, Water and Food Nexus.

Daigger, G. (2009) Evolving Urban Water and Residuals Management Paradigms: Water Reclamation and Reuse, Decentralization, Resource Recovery, *Water Environment Research* 81(8):809-823

EU, 2014. Scoping Study to Identify Potential Circular Economy Actions, Priority Sectors, Material Flows and Value Chains, http://www.ieep.eu/assets/1410/Circular economy scoping study - Final report.pdf [accessed January 2016] [Online].

EMF, 2012. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Ellen MacArthur Foundation, http://www.ellenmacarthurfoundation.org/business/reports/ce2012# Acesso em: 09/12/2016. [Online].

Ellen Macarthur Foundation. What is the circular economy 100?, available at: ⟨http://www.ellenmacarthurfoundation.org/business/ce100⟩; 2013 [accessed 15 January 2015].

FAO, 2014a. The Water–Energy–Food Nexus: A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture, http://www.fao.org/energy/41459-08c8c5bb39e0d89e17fdb63314c4c6ce5.pdf Acesso em: 09/12/2016. [Online].

GIZ and ICLEI, 2014, Operationalizing the Urban NEXUS: towards resource efficient and integrated cities and metropolitan regions, GIZ Eschborn.

Genovese A., Acquaye A., Figueroa A., Koh S.C. 2017. Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. Omega 66 - 344–357

Hoff, H., 2011. Understanding the Nexus. In: Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute (SEI), Stockholm, Sweden.

Maaß O., Grundmann P., 2016, Added-value from linking the value chains of wastewater treatment, crop production and bioenergy production: A case study on reusing wastewater and sludge in crop production in Braunschweig (Germany). Resources, Conservation and Recycling 107,195–211.

McDonough W, Braungart M., 2002. Cradle to cradle: remaking the way we make things. New York, NY: North Point Press;

Michell N. 2016. Resource recovery: the challenge of finding a market for your product. The Resource, Issue 5, September 2016 – 48-51.

Novotny, V. (2008) Sustainable urban water management, In *Water & Urban Development Paradigms (J.Feyen, K. Shannon, and M. Neville, eds.)* pp. 19-31, CRC Press, Bocca Raton, FL.

Novotny, V. (2012) Water and Energy Link in the Cities of the Future – Achieving Net Zero Carbon and Pollution Emissions Footprint, in V. Lazarova, K.H. Choo, and P. Cornel - *Water/Energy Interactions of Water Reuse,* IWA Publishing, London Chapter 3.

Novotny, V. (2010) Water energy nexus – towards zero pollution and GHG emissions of future (eco) cities, in *Water Infrastructure for Sustainable*

Phosphorus Platform. Disponível em: http://e-market.phosphorusplatform.eu/about-us. Acesso em: 22/12/2016. [Online].

Stoltz D., Shafqat, O., Lundqvist P. On holistic planning in EcoCity development: Today and in the past. 2014. The 6th International Conference on Applied Energy – ICAE2014. Energy Procedia 61: 2192-2195.

Suez Environment. Disponível em: https://www.suezwaterhandbook.com/degremont-R-technologies/sludge-treatment/recovery/recycle-phosphorus-from-effluent-to-produce-a-valuable-fertilizer-Phosphogreen. Acesso em: 27/12/2016. [Online].

Von Sperling M., 2016. Urban wastewater treatment in Brazil. Inter-American Development Bank.

Wu, H., Shi, Y., Xia, Q., Zu, W., 2014. Effectiveness of the policy of circular economy in China: a DEA-based analysis for the period of 11th five-year-plan. Resour. Conserv. Recycl. 83, 163–175

182. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS PARA CONFECÇÃO DE MOBILIÁRIO URBANO

LANGE, Leticia[1](lelange.1910@gmail.com); ARNOLD, Daiana Cristina Metz[2] (daim@feevale.br); SILVA, Adriana Teresinha[3](adrianat@feevale.br); JAHNO, Vanusca Dalosto[4], (vanusca@feevale.br), STRIVING, Júlia Heloísa [5], (juliastriving@yahoo.com); FERNANDES, Lisiane Heinen[6] , (lisianefernandes@feevale.br)*

[1]Universidade Feevale, Brasil
[2] Universidade Feevale, Brasil
[3] Universidade Feevale, Brasil
[4] Universidade Feevale, Brasil
[5] Universidade Feevale, Brasil
[6] Universidade Feevale, Brasil

** Leticia Lange*

RESUMO

Com o constante crescimento da urbanização e consequentemente o desenvolvimento das indústrias, surgem rejeitos provindos destes processos, os quais necessitam de destinação final adequada. Na atualidade, esta disposição final dos resíduos é regulamentada por leis e fiscalizações, oriundas da preocupação com a possibilidade de descartes indevidos no meio ambiente. Por outro lado, o conceito de ecodesign surge com o objetivo de satisfazer diversos critérios, entre eles o desempenho e qualidade, porém, com foco em uma forma ecológica para o desenvolvimento de produtos, fato que afeta, portanto, na escolha dos materiais a serem empregados. Neste sentido, é de interesse deste estudo o desenvolvimento de um assento coletivo a ser alocado em escolas, onde empregou-se a incorporação de resíduos. Para o desenvolvimento deste produto, realizaram-se pesquisas de possíveis resíduos a serem incorporados para a elaboração do exposto, de modo a atender quesitos de resistências referidas por normas e designs que compatibilizem com o intuito aqui proposto. Assim, o desenvolvimento deste mobiliário baseou-se nos princípios do ecodesign e teve como objetivo a confecção de um banco em concreto com incorporação de resíduo de garrafa PET. A metodologia empregada baseou-se na confecção de três corpos de prova para cada traço escolhido, sendo a base 1: 1,2: 2,38, realizando-se substituição do agregado graúdo pelo resíduo escolhido nas porcentagens de 0%, 25%, 50% e 100%. Para a análise do produto optou-se por ensaios iniciais relativos à caracterização dos agregados, sendo eles composição granulométrica e massa unitária, verificação do concreto em seu estado fresco, através de ensaio de consistência e estado endurecido, com a realização de ensaio de compressão. Observou-se com os resultados obtidos a diferença granulométrica e de massa unitária entre os agregados empregados, bem como a significativa diferença de consistência dos concretos, quando empregada a substituição por resíduo, além da perda de resistência à compressão. Desta forma, verifica-se a necessidade de pesquisas mais aprofundadas para avaliação do melhor percentual e traço a serem adotados, no entanto, observa-se possibilidades de inclusão deste resíduo que necessita de alternativas de disposição em uma nova matriz cimentícia, que, igualmente, visa assistir a sociedade com um produto que terá uso em âmbito escolar.

Palavras-chave: Incorporação de resíduos; Ecodesign; Mobiliário Escolar; Concreto.

USE OF WASTE FOR PRODUCTION OF URBAN FURNITURE

ABSTRACT
With de constant growth of urbanization and consequently the development of industries and markets, there are residues arising from these, which need adequate final destination. At present, the residue final disposal it is regulated by laws and inspections, with origin in the concern with the possibility of undue discards in the environment. On the other hand, the concept of ecodesign arises with the purpose of satisfying several criteria, including performance and quality, however, with focus on an ecological form for the products development, fact that affects the choice of materials to be used. In this sense, it is of the interest in this study the development of a collective seat to be allocated in schools, in which was used the incorporation of residue. For the development of this product, was performed researches of possible residue to be incorporated for the elaboration of the same, in order to meet resistance items referred to by standards and designs that compatibilist for the purpose here proposed. Thus, the development of this furniture is based in the principals of ecodesign and aims to create a concrete bench with the incorporation of PET bottle residue. The methodology used was based in the confection of three test specimens for each chosen mix, with the base being 1 : 1,2 : 2,38, replacing the large aggregate for the chosen residue in percentages of 0%, 25%, 50% and 100%. For the product analysis, it was opted for initial tests related to the characterization of the aggregates, being the granulometric composition and unit mass, verification of concrete in its fresh state, through consistency test and hardened state, with the accomplishment of compression state. It was observed trough the obtained results the granulometric and unit mass difference between the adopted aggregates, as well as the significant difference of consistency of the concretes, when used the substitution by residue, besides the loss of compression resistance. In this way, it was verified the need for more in-depth research to evaluate the best percentage and mix to be adopted, however, it is possible to include this residue that needs disposal alternatives in a new cement matrix, that also aims to assist the society with a product that will have use in school scope.

1. INTRODUÇÃO

1.1 ECODESIGN DE MOBILIÁRIO URBANO

O ecodesign parte da combinação de desenvolvimento de produtos com sustentabilidade, onde há o reconhecimento da relevância da combinação de fatores tais como o design, produção, materiais utilizados, produto a ser elaborado e sua finalidade, de maneira a exercer a sua função sem comprometer as futuras gerações, ou seja, busca atender o que é tecnicamente viável, o ecologicamente imprescindível e o socialmente aceitável (PLATCHECK, 2003; RODEL, 2005).
Ribeiro (2009) apresenta o ecodesign como conceito de nova abordagem em desenvolvimento de produtos, com destaque para a preocupação ambiental, inclusive em âmbito de produção, visando um processo eficiente, com objetivos de redução da poluição gerada na fabricação, bem como diminuição de consumo de recursos, buscando a atender critérios de custo, qualidade e desempenho.
Também conhecido por “Design Sustentável” ou “Produção Sustentável”, o ecodesign visa principalmente reduzir as agressões possíveis de serem realizadas ao meio ambiente, de modo a se pensar na disposição final que o produto irá ter, findada a sua vida útil, de maneira a facilitar o reuso ou reciclagem (CÂNDIDO, 2008).

Igualmente importante é a análise de projeto, onde se verifica o atendimento aos quesitos ambientais, de saúde e segurança, não somente em momento de produção, mas em extensão à vida útil do produto a ser criado (VENZE, 2002 apud FISKEL, 1996).
O produto a ser criado pode ter diversas funções e uma delas é como mobiliário urbano.
De acordo com a Lei 10.098/2000, sobre promoção da acessibilidade, o mobiliário urbano pode ser definido como um conjunto de objetos que se fazem presentes em vias e espaços públicos, de maneira a estarem superpostos ou complementando os elementos prévios de urbanização ou de edificações. Estes objetos podem ser exemplificados através da NBR 9283 (ABNT, 1986), que trata sobre mobiliário urbano e menciona abrigos de ônibus, playgrounds e bancos.
De maneira genérica, mobília urbana pode ser descrita como objetos de diferentes tamanhos ou propósitos que serão de alguma maneira complementar as edificações ou à paisagem das cidades (JOHN & REIS, 2010).
Montenegro (2005) menciona ainda, que alguns elementos definidos como mobiliários urbanos não são de uso efetivo do cidadão, tais como as esculturas, postes, placas e floreiras, mas ainda assim detém função de prestação de serviços ou atendimento de necessidades.
Souza (2013) relata em suas pesquisas a importância da análise da função do espaço antes que se planeje o mobiliário urbano para ocupá-lo, visto que o mesmo possui importância no contexto social e deve ser inseridos de maneira a evidenciar o seu papel.
E John e Reis (2010) ressaltam também a necessidade de atender a um padrão estético, bem como integrar perfeitamente com o espaço em que ocupam, pois estes influenciarão na qualidade do ambiente urbano, acarretando inclusive em novas possibilidades de uso dos locais. Para tanto, o conforto dos usuários também deverá ser considerado, e está relacionado com a ergonomia considerada nos elementos projetados, a facilidade de utilização, conveniência e satisfação com o local onde estão alocados.
É importante também verificar para que se mantenham os aspectos funcionais e que a relação entre o mobiliário urbano e usuários ocorra de maneira segura, evitando, desde a etapa de projeto até a implantação, fatores que possam acarretar em erros de manuseio ou perigos oriundos de uso (TOMAZELA & BARATA, 2014).

1.2 INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS

A incorporação de resíduos provindos de diversas fontes é benéfica para a construção civil, analisando a possibilidade de desenvolvimento de um novo produto com custo reduzido ao incluir rejeitos industriais, preferencialmente disponíveis em âmbito local e com necessidade de disposição ambientalmente adequada, conforme as potencialidades de uso dos mesmos. O aproveitamento de resíduos pode ocorrer de diferentes maneiras, envolvendo tecnologias, procedimentos e mão-de-obra diversas, todos os quais devem ser analisados para escolha do mais adequado ambientalmente e economicamente (CAVALCANTE & CHERIAF, 2003).
Torgal e Jalali (2007) dispõem sobre o reconhecimento ganho acerca da incorporação de resíduos ao concreto, ressaltando sua importância ao auxiliar na redução de resíduos industriais dispostos em aterros, produzindo por vezes materiais mais duráveis e passíveis de reciclagem findada a sua vida útil.
Neste sentido, é necessária a pesquisa de métodos alternativos para a aplicação de resíduos, visto que há um crescimento constante da produção dos mesmos, assim como a escassez de áreas de disposição adequadas. Estes fatores são aliados à preocupação constante de esgotamento de matérias primas e a preservação ambiental. Porém, encontram-se dificuldades em quesitos econômicos, onde os custos envolvendo a reciclagem por vezes não são viáveis, a depender dos

métodos disponíveis, ou até mesmo normativas orientadoras que se aplicam somente para materiais convencionais e não com utilização de reciclados, sendo necessárias análises laboratoriais para comprovação de viabilidade técnica destes novos produtos (GARLET, 1998).
Um resíduo que vem sendo utilizado em alguns estudos é o PET – polietileno tereftalato, este é usualmente utilizado devido às suas propriedades de resistência mecânica, térmica e química, principalmente em embalagens, frascos, cartões, impermeabilizações, entre outros, porém com período de decomposição natural superior à cem anos (MARANGON, 2004).
Modro et al (2009) relata a utilização de resíduos de garrafa PET em substituição ao agregado natural para confecção de concreto com cimento Portland, com objetivo de encontrar destinação adequada ao resíduo, reduzindo desta maneira impactos ambientais. O trabalho teve como resultados redução de índices de abatimento e resistência à compressão.
Canellas e D'Abreu (2005) realizaram a substituição de agregado miúdo natural por flocos de PET para aplicação em argamassas e obtiveram resultados semelhantes ao estudo de Modro et al (2009), com redução de trabalhabilidade e resistência mecânica com o aumento de porcentagem substituída, principalmente acima de 30%, porém, verificou também a redução de densidade da argamassa em seu estado endurecido, favorecendo peças que necessitam desta característica e não possuam funções estruturais.
Diante do exposto e com o intuito de proporcionar destinação apropriada para o resíduo de garrafa PET, este estudo buscou o desenvolvimento de um assento coletivo a ser alocado em escolas, confeccionado e concreto e com incorporação do rejeito citado.

2. OBJETIVO

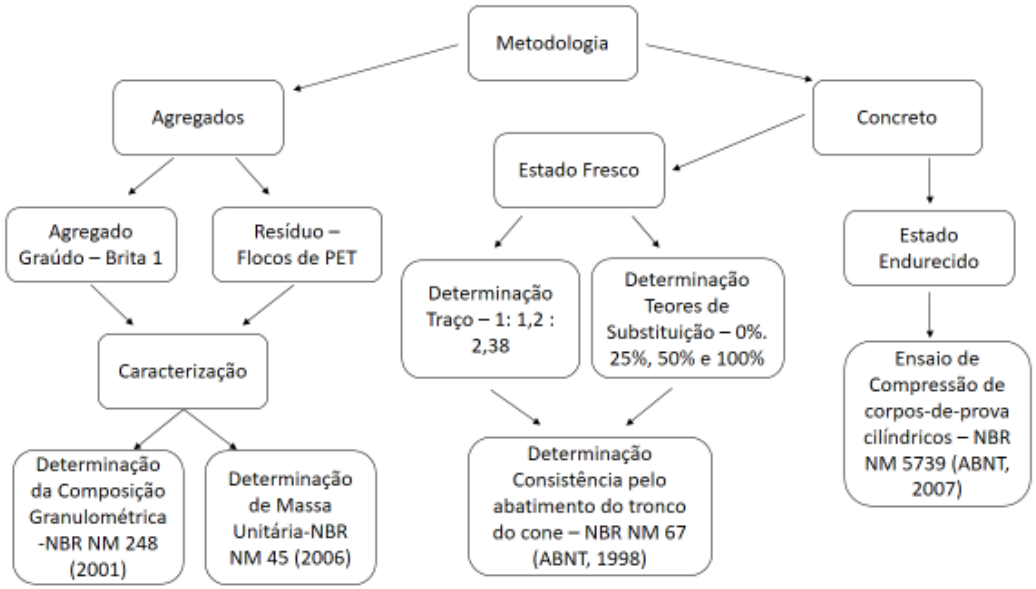
O presente trabalho tem como objetivo principal a confecção de mobiliário urbano em concreto leve, com substituição de agregado miúdo natural por resíduos de garrafas PET.
Como objetivos específicos, o trabalho busca:

- Caracterizar o agregado graúdo e o resíduo, através de composição granulométrica e da massa unitária;
- Analisar a influência do resíduo de garrafa pet nas propriedades do concreto no estado fresco, através do índice de consistência;
- Avaliar as propriedades do concreto com incorporação de resíduo de garrafa pet, no estado endurecido através da resistência à compressão;

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para a confecção dos concretos com a incorporação de resíduos, adotou-se o resíduo de garrafas PET, estes, oriundos de uma usina de reciclagem da região, os quais passaram por processo de moagem, com auxílio de um triturador, através do qual se obteve material de forma lamelar e com dimensão máxima de 6,3 mm. Executou-se o concreto com a utilização de Cimento Portland CPV – ARI, com o objetivo de adquirir a alta resistência inicial, possibilitando, desta maneira, conhecimento dos resultados de resistência à compressão em menor prazo, e possibilitando desta forma o comparativo entre os traços escolhidos. Além dos materiais já mencionados fez-se uso de agregado miúdo, sendo ele areia provinda do Rio Jacuí, agregado graúdo basáltico denominado brita 01 e água tratada pela concessionária de abastecimento da rede pública da cidade de Novo Hamburgo – RS. Assim, elaborou-se o programa experimental apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma dos ensaios no concreto.



Fonte: autores (2016)

3.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E MASSA UNITÁRIA

A caracterização dos agregados ocorreu através dos ensaios de Determinação da Composição Granulométrica, regulamentado pela NBR NM 248 (2001), sendo realizado para o agregado graúdo, a brita 01, e o resíduo adotado. Para o agregado graúdo, foram testadas duas amostras contendo 1 kg cada, utilizando as peneiras adequadas para este material. Para o resíduo foram ensaiadas quatro amostras, cada contendo 500 g, sendo duas utilizadas em peneiras para a série equivalente ao agregado graúdo, e as outras duas com peneiras com granulometria inferior, devido à natureza do material.
Da mesma maneira procedeu-se a realização do ensaio de Determinação da Massa Unitária, orientado pela NBR NM 45 (ABNT, 2006), adotando duas amostras para cada agregado escolhido (brita 01 e resíduo).

3.2 CONCRETO EM ESTADO FRESCO

Para a execução da metodologia adotada, escolheu-se o traço base 1: 1,2: 2,38, sendo respectivamente cimento: agregado miúdo: agregado graúdo, fixando a relação água/cimento em 0,54, porém sendo necessária adaptação e aumento deste teor conforme realizada a substituição com o resíduo. Com o traço referência definido, realizaram-se as substituições de agregado graúdo pelo resíduo de garrafa PET, nos teores de 25%, 50% e 100%, sendo confeccionados três corpos de prova para cada traço adotado, incluindo o referência, sem substituição alguma. Utilizaram-se corpos de prova cilíndricos, de dimensões 10 x 20 cm, com moldagem e cura seguindo os procedimentos descritos pela NBR NM 5738 (ABNT, 2003).
Inicialmente, utilizou-se 3,50 kg de cimento, 3,92 kg de areia e 8,33 kg de brita 01. As substituições do agregado graúdo pelo resíduo foram realizadas em massa por volume, por exemplo, para o traço

25%, retirou-se 2,08 kg de brita 01 e substitui-se o volume desta quantidade pelo volume equivalente de resíduo, adotou-se o mesmo procedimento para os demais traços escolhidos.
Para a caracterização do concreto em estado fresco realizou-se o Ensaio de Consistência, através do abatimento do tronco do cone, regularizado pela NBR NM 67 (ABNT, 1998).

3.3 CONCRETO EM ESTADO ENDURECIDO

Após nove dias da moldagem, os corpos de prova foram retirados da cura úmida com adição de cal virgem, retificados para regularização da base e ensaiados para conferência de resistência à compressão, de acordo com a NBR NM 5739 (ABNT, 2007), o rompimento dos corpos de prova ocorreu no Laboratório de Técnicas construtivas, com o auxílio de uma prensa marca EMIC.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E MASSA UNITÁRIA

Com o ensaio de composição granulométrica, obtiveram-se os dados representados nos Gráficos 01 e 02, a seguir.

Gráfico 01. Curva Granulométrica Comparativa

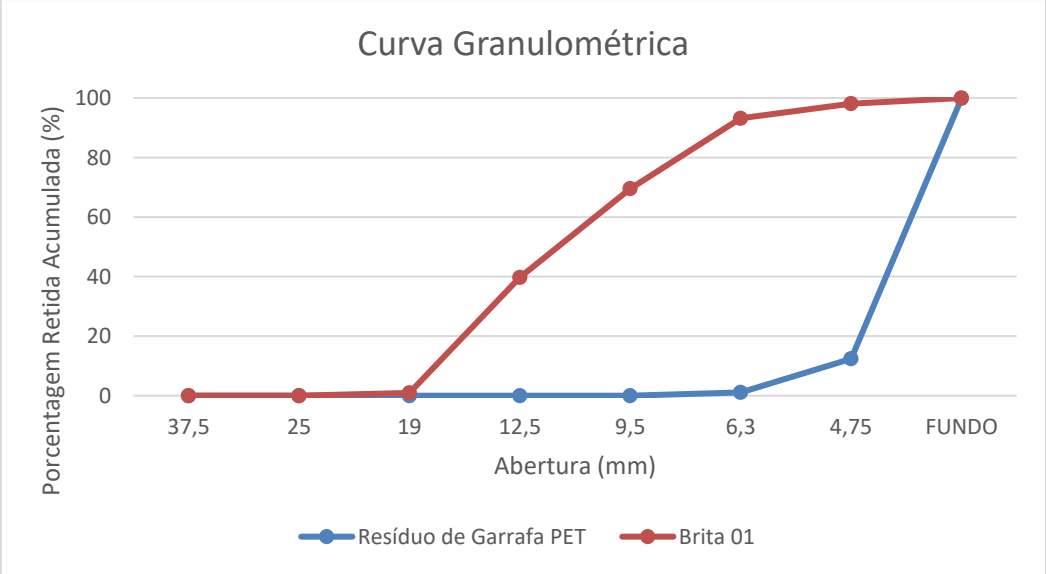
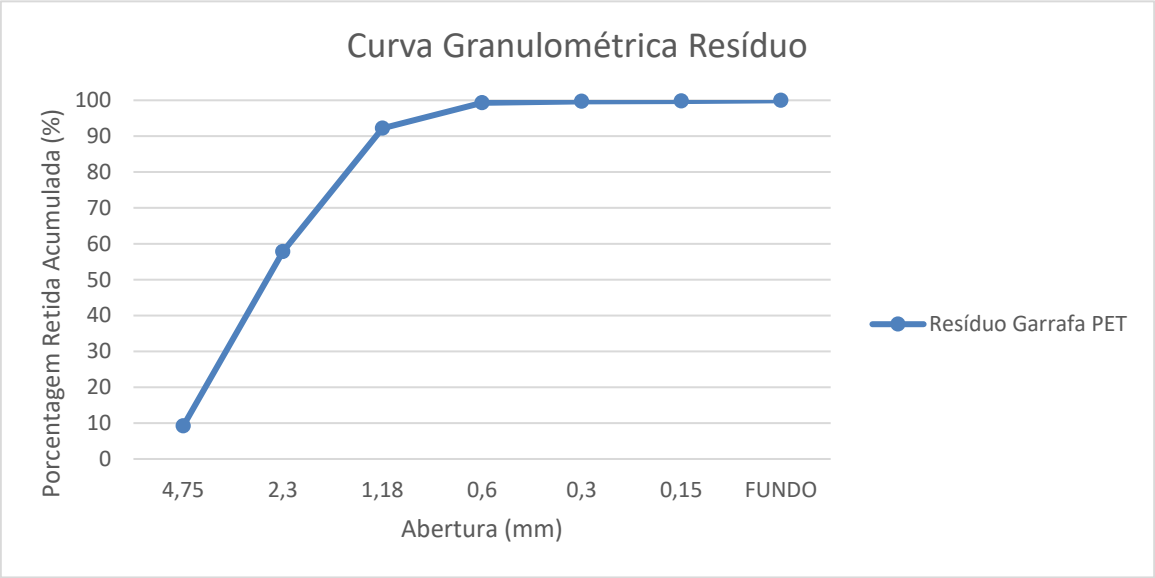


Gráfico 02. Curva Granulométrica do Resíduo



A partir destes dados obtidos com a curva granulométrica é possível analisar e comparar o Módulo de Finura e Dimensão Máxima dos grãos de cada um dos materiais adotados, como apresentado abaixo no Quadro 01.

Quadro 01. Dimensão Máxima e Módulo de Finura do Resíduo

Material	Módulo de Finura	Dimensão Máxima (mm)
Brita 01	2,36	6,3
Resíduo PET	6,03	19

Fonte: autores (2016)

Analisa-se a diferença significativa da dimensão máxima quando comparados ambos os materiais ensaiados. A partícula de resíduo de garrafa PET é consideravelmente inferior em dimensão à partícula de brita 01, ainda que, ambas possuam o mesmo formato lamelar, conforme visualizado na Figura 2.

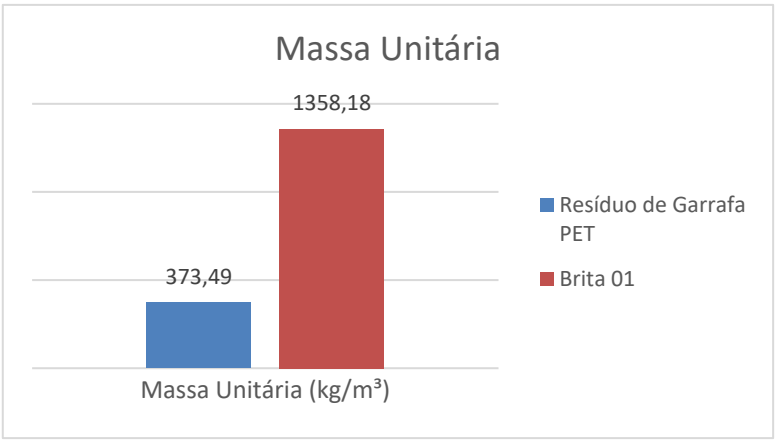
Figura 02. Resíduo e Brita 01



Fonte: autores (2016)

Relativo à massa unitária, com base no ensaio realizado descrito no item 3.1, verificou-se os resultados representados abaixo no Gráfico 03.

Gráfico 03. Massa Unitária

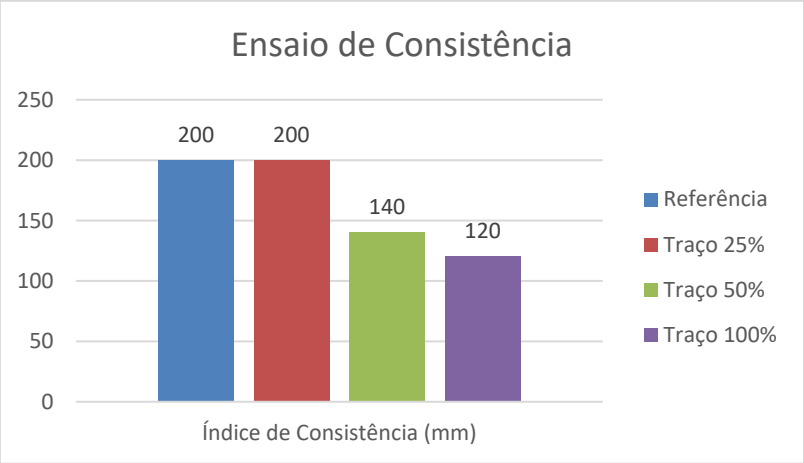


Avalia-se a reduzida massa unitária do resíduo adotado em comparativo à massa do agregado graúdo tradicional, pertinente para o propósito de confecção de concreto leve.

4.2 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA

A realização do Ensaio de Consistência, através do *Slump Test*, resultou nos dados constatados no Gráfico 04, abaixo:

Gráfico 04. Ensaio de Consistência



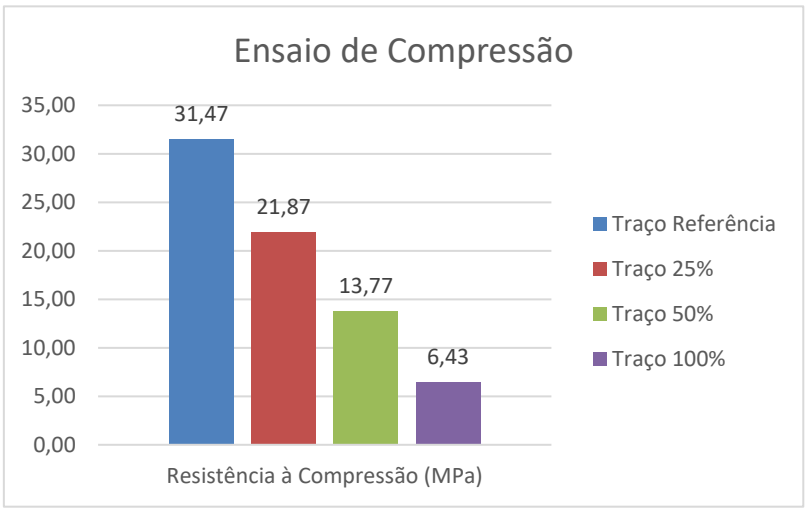
Fonte: autores (2016)

É possível perceber a constância nos resultados quando se avalia somente os traços referência e o traço 25%, onde houve também a constância na relação água/cimento em 0,54. Nos demais traços, nota-se o decaimento na trabalhabilidade do concreto, mesmo havendo a necessidade de aumentar a relação a/c cimento previamente mencionada para que esta alteração não fosse tão expressiva.
Observa-se, portanto, a redução em trabalhabilidade conforme é substituído o agregado graúdo natural pelo resíduo de garrafas PET adotado.

4.3 ENSAIO DE COMPRESSÃO

Através do Ensaio de Compressão realizado, obtiveram-se as informações representadas no Gráfico 05, a partir do próprio equipamento utilizado para o processo.

Gráfico 05. Ensaio de compressão



Fonte: autores (2016)

Nota-se o decaimento de resistência à compressão conforme é realizada a substituição da brita 01 pelo resíduo de PET, este resultado vai ao encontro do encontrado na bibliografia conforme relatado no item 1.2.

5. CONCLUSÃO

Ao analisar a importância do conceito de ecodesign e incorporação de resíduos, principalmente em frente aos aspectos sociais e ambientais verifica-se a relevância de estudos tais como este. O presente trabalho buscou a pesquisa de um concreto leve com substituição de agregado graúdo por resíduo de garrafas PET para posterior confecção de mobiliário urbano para alocação em escolas. Compararam-se as características de ambos os materiais, onde foi constato a menor dimensão das partículas como sendo a do resíduo, bem como a massa unitária, sendo importante para o objetivo de obtenção de um concreto leve. A partir do exposto, verificou-se que o melhor teor de substituição seria o traço 25%, devido as poucas alterações em trabalhabilidade e resistência à compressão, de modo a atender os padrões estabelecidos por normas para a fabricação do assento coletivo. Ainda são necessárias análises de demais teores de substituições, ensaios mais abrangentes e desenho para compatibilidade de design com o tema proposto, além de análises de viabilidade técnica e econômica, porém, acredita-se no potencial deste estudo para auxiliar na disposição final de um resíduo e para, juntamente com este propósito, criar um novo produto que também terá serventia ao público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9283: Mobiliário Urbano. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

BRASIL. Lei Nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 dez. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10098.htm>. Acesso em 28 novembro 2016.

CÂNDIDO, L. H. A. Contribuição ao Estudo da Reutilização, Redução e da Reciclagem dos Materiais com Aplicação do Ecodesign. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

CANELLAS, S. S. D'ABREU, J. C. ENTMME, 21., 2005, Natal. RECICLAGEM DE PET, VISANDO A SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSA**.** Natal, 2005. 6 p. Disponível em: <http://searchentmme.yang.art.br/download/2005/reciclagem/1680 - S.S.Canellas_J.C.DAbreu - RECICLAGEM DE PET, VISANDO A SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSA..pdf>. Acesso em: 05 dez. 2016.

FIKSEL, J. Design for environment: creating eco-efficient product and processes. New York: McGraw-Hill, 1996.

GARLET, G.APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE E.V.A. (Ethylene Vinyl Acetate) COMO AGREGADO PARA CONCRETO LEVE NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 1998. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/118243/000226272.pdf?sequence=1>. Acesso em: 05 dez. 2016.

JOHN, N. M.; REIS, A. T. L. PERCEPÇÃO, ESTÉTICA E USO DO MOBILIÁRIO URBANO. Gestão & Tecnologia de Projetos, [s.l.], v. 5, n. 2, p.180-206, 11 nov. 2010. Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. http://dx.doi.org/10.4237/gtp.v5i2.106.

MARANGON, E. ASPECTOS DO COMPORTAMENTO E DA DEGRADAÇÃO DE MATRIZES DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND REFORÇADOS COM FIBRAS PROVENIENTES DA RECICLAGEM DE GARRAFA PET. 2004. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UnijuÍ, Ijui, 2004. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc-titulos/2003/Aspectos_do_Comportamento_e_da_Degradacao_de_Matrizes_de_Concreto_de_Cimento_Portland_Reforcados_com_Fibras_PET.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2016.

MODRO, N. L. R. et al. Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p.725-736, dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rmat/v14n1/a07v14n1>. Acesso em: 05 dez. 2016.

MONTENEGRO, G. N.. A PRODUÇÃO DO MOBILIÁRIO URBANO EM ESPAÇOS PÚBLICOS: O Desenho do Mobiliário Urbano nos Projetos de Reordenamento das Orlas do Rio Grande do Norte. 2005. 192 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12419/1/GlielsonNM.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.

PLATCHECK, E. R. Metodologia de Ecodesign para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharias), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

RIBEIRO, P. M. M. Desenvolvimento de Mobiliário Infantil de Exterior numa Óptica de Ecodesign – Projecto AMOPLAY. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2009.

ROCHA, J. C.; CHERIAF, M.. Aproveitamento de Resíduos na Construção. In: ROCHA, J. C.; JOHN, V. M.. Utilização de Resíduos na Construção Habitacional**.** 4. ed. Porto Alegre: Antac, 2003. Cap. 3. p. 73-93. (Coletânea Habitare). Disponível em: <http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/127.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2016.

RODEL, N. M. C. Contribuição ao Estudo do Ecodesign na Seleção de Materiais para Construção de Residências Unifamiliares em Ambientes Urbanos. Dissertação (Mestre em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

SOUZA, T. A.. Mobiliário Urbano como elemento de produção e transformação do Espaço Urbano Público e Turístico em Curitiba (PR - Brasil) e Montreal (QC- Canadá): a Percepção dos Turistas e da Comunidade Local. 2013. 237 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/31019>. Acesso em: 04 dez. 2016.

TOMAZELA, N. B. BARATA, T. Q. F. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 11., 2014, Gramado. **VERIFICAÇÃO DE USABILIDADE E DESENVOLVIMENTO DE MOBILIÁRIO PÚBLICO SUSTENTÁVEL.** Gramado: P&d Design, 2014. 12 p. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/ped2014/trabalhos/trabalhos/662_arq2.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2016.

TORGAL, F. P. JALALI, S. CONGRESSO NACIONAL DA CONSTRUÇÃO, 3, Coimbra, Portugal 2007 – “Congresso Construção 2007”. [Coimbra : Universidade de Coimbra, 2007].

VENZKE, C. S. O Ecodesign no Setor Moveleiro do Rio Grande do Sul. REAd, Edição Especial 30, vol. 8, nº 6, nov-dez. São Leopoldo, 2002.

186. INDICADORES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) COMO FERRAMENTAS DE AUXÍLIO NO CONTROLE DE OBRAS

MARQUES, Cristian[1](cristian.marques@hotmail.com);*
BRANDLI, Luciana Londer[1] *(brandli@upf.br);*
PRIETTO, Pedro Domingos Marques [1]*(pdmp@upf.br).*
[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil.
**Autor correspondente*

RESUMO
A preocupação com o meio ambiente está cada vez mais em evidência diante das necessidades e dos desafios nos processos de desenvolvimento da sociedade. Enquanto a maioria dos setores industriais desenvolvem-se tecnológica e ambientalmente em seus aspectos produtivos, a indústria da construção civil ainda é, frequentemente, enquadrada como exemplo de setor atrasado, com baixos índices de produtividade, elevados desperdícios de recursos, tendo como principal característica a geração de grandes volumes de resíduos. O objetivo deste trabalho foi identificar o potencial de utilização de indicadores de resíduos no gerenciamento de obras da construção civil, por meio de dados de uma construtora da cidade de Passo Fundo – cidade com relevante importância no cenário da construção. Para isso, utilizaram-se diferentes ferramentas de controle como: os requisitos das normas e sistemas de gestão, a implementação de exigências de legislações e o planejamento e controle de produção no que tange aos horizontes de longo, médio e curto prazo, demonstrando, assim, como os resíduos de construção e demolição podem tornar-se uma importante ferramenta de apoio no controle de uma obra, não representando apenas problemas. O estudo se desenvolveu a partir da análise dos dados levantados por meio do indicador de sustentabilidade, adotando uma amostra de dez obras analisadas, por um período de cinco anos. Sendo assim, diversas utilidades puderam ser definidas, demonstrando que o simples fato de se controlar os dados obtidos com o registro dos volumes de resíduos gerados mensalmente nas obras torna possível a utilização de tais indicadores. Se os resíduos são uma realidade, é válido utilizá-los a favor dos propósitos de crescimento das empresas, transformando um problema em uma ferramenta de auxílio na promoção da melhoria contínua dentro dos processos, desde que esses sejam adequadamente gerenciados.
Palavras-chave: Construção civil. Gestão. Indicadores. Resíduos.

INDICATORS OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE AS AUXILIARY TOOLS IN THE CONTROL OF CONSTRUCTIONS

ABSTRACT
Worrying about the environment is getting more and more in evidence in front of the necessities and challenges involving the processes of society development. While most of the industrial sectors develop technologically and environmentally in their productive aspects, the civil construction industry is still frequently framed as an example of delayed sector, with low indices of productivity, high waste of resources, and having as a main characteristic the generation of big volumes of residue. The objective of this paper was to identify the potential of the usage of waste indicators in management of civil construction worksites, through data obtained from a construction company in the city of Passo Fundo – a city with relevant significance in the construction scenery – enriching different control tools such as: the requirements of standards and management of systems, the

implementation of laws' demands and the planning and control of production in what concerns long and short periods of time, showing, like so, the construction and demolition waste might become an important tool of support for control in a worksite, not only representing problems. The study has developed through analysis of the data collected by the means of the indicator of sustainability, adopting a sample of ten analyzed worksites, through a period of five years. Therefore, many utilities could be defined, showing that the mere fact of controlling data obtained by the registration of the monthly-generated volume of waste in the worksites makes the usage of these indicators possible. If the residue is a reality, it is valid to use it in favor of the means of companies' growth, turning a problem into an auxiliary tool for the promotion of the continuous increase inside the processes, as long as it's properly managed.
Keywords: Management, waste, indicators, civil construction.

1. INTRODUÇÃO

Houve um tempo em que não havia preocupações com as questões ambientais e os resíduos eram gerados pelas empresas e despejados na água, no ar ou no solo, sem controle, sem responsabilidade e sem fiscalização ambiental (CEBDS, 2010). Com a permanência desse pensamento, muito se desenvolveu nas diferentes indústrias ao longo do tempo, até o momento em que diferentes problemáticas passaram a fazer parte da realidade da sociedade como um todo, como por exemplo, o esgotamento dos recursos naturais e a geração de resíduos. Enquanto a maioria dos setores industriais desenvolvem-se tecnológica e ambientalmente em seus aspectos produtivos, a indústria da construção civil continua sendo enquadrada como exemplo de setor atrasado, com baixos índices de produtividade, elevados desperdícios de recursos, apresentando como principal característica a geração de grandes volumes de resíduos. Segundo Suzer (2015), somente a indústria da construção é responsável pelo consumo de 40% dos recursos naturais em todo o globo, 12% das reservas de água potável, gerando de 45% a 65% dos resíduos produzidos e emitindo 48% dos gases prejudiciais que contribuem para o efeito estufa, poluindo ar e água, ameaçando o esgotamento dos recursos naturais e promovendo o aquecimento global.

Segundo Seiffert (2011), uma preocupação cada vez mais evidente em meio ao setor da construção é a constatação da existência de limites ambientais no crescimento econômico, levando a uma crescente discussão que ocasiona a elaboração de políticas associadas a esses limites e, nas respectivas práticas, a proteção ambiental. Assim, as perdas associadas à geração dos resíduos, além de representarem um alto custo às empresas construtoras, impactam duplamente sobre o meio ambiente: ao aumentar, desnecessariamente, o consumo de matéria-prima e ao ampliar o volume de resíduos enviados às áreas de destinação (ARAÚJO, 2009).

Segundo a Abrelpe (2014), o índice de geração de Resíduos de Construção e Demolição - RCD no Brasil é de 0,603 kg/hab./dia e, na região sul do país, a geração é de 0,569 kg/hab./dia. Para o município de Passo Fundo, a estimativa de geração de RCD é de 0,55 kg/hab./dia, índice que se aproxima da estimativa brasileira, equivalente à região a qual pertence (BERNARDES et al., 2008).

Como responsável pela mobilização de capital, as atividades produtivas não poderiam se separar das causas ambientais, principalmente no setor da construção civil, o qual é considerado um dos maiores causadores de impactos, seja pelo uso de matérias-primas retiradas da própria natureza ou ainda pela geração de resíduos, o que pode ser observado em todo ciclo de vida de uma construção, desde a produção, o uso/manutenção até a demolição.

Segundo Wu et al. (2014), durante a fase de construção de novos edifícios, as perdas de materiais por resíduos são consideradas inevitáveis, e as causas típicas incluem, entre outros, o método de construção, o tamanho do projeto, o tipo de construção, a forma de armazenamento dos materiais,

o erro humano e os problemas técnicos. A grande quantidade dos resíduos de construção civil e seu elevado volume torna-se um problema ambiental.
Como principais fatores atuantes na construção civil no que diz respeito às práticas de controle para todas as questões discutidas neste texto correspondem, basicamente, a três parcelas: a primeira são as legislações, que têm suas ações compulsórias por meio das medidas obrigatórias que devem ser cumpridas pelas empresas do ramo (BRASIL, 2002; BRASIL, 2010; PASSO FUNDO, 2013; PASSO FUNDO, 2014); e, atuando de forma voluntária, há a segunda e a terceira parcela, que são as normas (sistemas de gestão) (ISO 14001:2015; ISO 9001:2015; SIAC, 2012) e o planejamento e controle da produção, respectivamente.

2. OBJETIVO

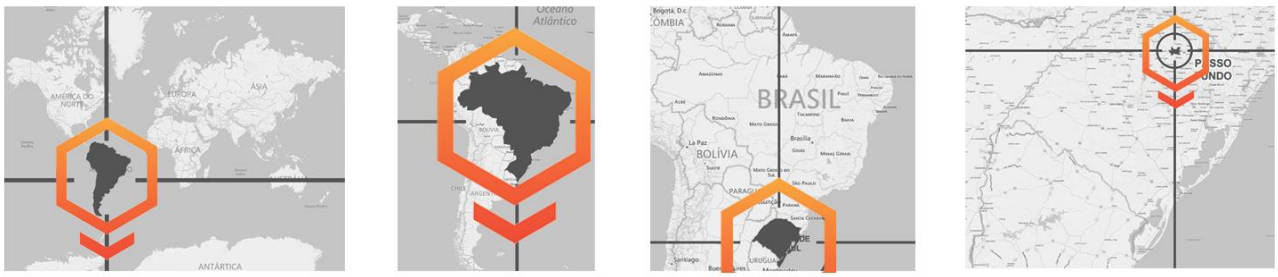
O objetivo deste trabalho é identificar o potencial de utilização de indicadores de resíduos de construção civil no gerenciamento de obras.

3. METODO DE PESQUISA

3.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO – MUNICÍPIO ANALISADO

O município de Passo Fundo é caracterizado como uma cidade de médio porte, localizado no norte do estado do Rio Grande do Sul, Região Sul do Brasil. Situa-se na Mesorregião do Noroeste Rio-grandense e sua sede urbana é a maior cidade da região Norte do estado, distando 289 km da capital Porto Alegre (Figura 1). Segundo Gosch (2015), o grau de densidade da população urbana quase dobrou entre o período compreendido entre 1970 e 1990. Segundo dados do IBGE, obtidos em 2010, destaca-se que a cidade possui uma população de 184.826 habitantes (12º no ranking estadual), e urbanização de 97,45%. Além disso, Passo Fundo é considerado um dos mais importantes municípios do Rio Grande do Sul, destacando-se a indústria da construção civil como um dos fatores predominantes em sua economia. Conforme o Cadastro Central de Empresa, ano base 2012, Passo Fundo é o 109º. município que mais gera empregos no Brasil e o oitavo no Rio Grande do Sul, sendo a construção civil, o setor responsável pelo maior número de contratações, com aumento de 24% em relação a 2011 (PASSO FUNDO, 2016).

Figura 1. Mapa de Localização do município de Passo Fundo



Fonte: Próprio Autor (2016).

3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO – CONSTRUTORA ANALISADA

O estudo investiga uma construtora, localizada na cidade de Passo Fundo – RS, atuante desde 1975 na construção civil que desenvolve intensa atividade no setor de urbanização, executando completas infraestruturas de pavimentação, redes de energia elétrica, hidráulica, de iluminação pública e de esgoto pluvial. A empresa é certificada pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), nível A e, ainda, pela norma ISO 9001. Possui um sistema de

gestão da qualidade implementado a mais de dez anos, contando com uma equipe de engenheiros, estagiários, técnicos de segurança e mestres de obras que, em conjunto, certificam-se do planejamento, controle, segurança e qualidade dos serviços executados em suas obras.

3.3 MÉTODO

O procedimento metodológico para o desenvolvimento deste trabalho foi de pesquisa de bibliografias, nacionais e internacionais, relacionadas a indicadores de resíduos da construção civil. Após a fundamentação teórica, foi realizado um estudo com base nos indicadores de resíduos levantados em uma empresa, comparando tais indicadores com outros definidos na pesquisa bibliográfica. Também se analisou a aplicabilidade dos indicadores para a gestão dos processos nas empresas, buscando, assim, enriquecer diferentes ferramentas de controle de obra como: os requisitos das normas e dos sistemas de gestão, a implementação de exigências de legislações e o planejamento e controle de produção no que tange aos horizontes de longo, médio e curto prazo. O artigo demonstra como os resíduos de construção e demolição – quando bem controlados em seu manejo – podem tornar-se uma importante ferramenta de apoio no controle de uma obra, não representando apenas problemas.

3.4 DELIMITAÇÃO DA AMOSTRAGEM DE ANÁLISE

3.4.1 DAS MEDIÇÕES

A gestão dos resíduos gerados é feita conforme determina a Resolução Conama nº 307, partindo de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil - PGRCC, executado pela empresa, seguindo aspectos relativos a caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação. Para a análise do presente estudo, foram selecionados três dos resíduos controlados considerados mais relevantes dentro da construção civil, pelas suas características de volume de geração e periculosidade em comparação aos demais não selecionados, sendo eles: resíduos classe A (componentes cerâmicos – tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc. –, concreto e argamassa); resíduos classe B (neste caso apenas madeira e gesso).

3.4.2 DO INDICADOR

O objetivo do indicador descrito no presente estudo é satisfazer o item 5.4.1.1 – Objetivos da qualidade voltados à sustentabilidade dos canteiros de obras – da norma SiAC: Indicador de geração de resíduos ao longo da obra: volume total de resíduos descartados (excluído solo) por trabalhador por mês – medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em m³ de resíduos descartados / trabalhador (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012). Os resíduos são armazenados em baias com dimensões de acordo com o tipo de cada um. O indicador é monitorado mensalmente por um estagiário de engenharia civil, a partir de medições *in loco*, registrando-se o volume de resíduos gerados nas obras. A meta desse indicador, adotada pela empresa, é uma fórmula:

$$Meta\ para\ a\ Medição\ do\ mês\ seguinte < Média\ das\ últimas\ duas\ medições$$

As situações em que a meta não é atingida, ficando a medição acima do valor máximo “permitido”, são tratadas caso a caso.

3.4.3 DAS OBRAS

Foi selecionada uma amostra de seis obras para análise dos dados (Figura 2), cujas principais características encontram-se descritas na tabela a seguir.

Tabela 1. Características obras analisadas

Obra	Tipo de obra	Sist. Cons-trut.	Formas	Esco-ramen-tos	Revest.	Nº Pav.	Nº Und.	Tipo (1d,2d, kit, etc.)	Área laje tipo	Área Real Global	Índice Compa-cidade
01	R	CA	CB	ME	A+T+PA	15	84	7xKIT	283	6.224	0,66
02	R	CA	MA	MA	A+T	20	102	2x1D, 4xKIT	275	15.969	0,62
	C		CB	ME	A+T+PE	16	104	8 Salas	420		0,76
03	R	CA	MA	ME	A+T	14	52	3x2D, 1x3D	315	13.705	0,84
	R					12	44	3x2D, 1x3D	315	8.190	0,84
04	R	CA	MA	MA/ME	A+T+PA	12	40	3x2D, 1x3D	380	5.568	0,66
05	R	CA	MA	MA	A+T+PA	12	27	3xKIT	120	5.046	0,78
	R					13	30	1x1D, 2x2D	200		0,77
06	C	CA	MA	MA	A+PA+PE	21	169	9 Salas	450	9.408	0,84

LEGENDA:
Tipo de Obra: R = Residencial; C = Comercial.
Sistema Construtivo: CA = Concreto Armado.
Formas: CB = Cubetas; MA = Madeira.
Escoramentos: ME = Metálico; MA = Madeira.
Revestimentos: A = Argamassado; T = Textura; PA = Pastilha; PE = Pele de Vidro.
Tipo: 1D = 1 dormitório; 2D = 2 dormitórios; 3D = 3 dormitórios; KIT = Quitinete.

Figura 2. Obras analisadas



Fonte: Próprio Autor (2016).

O estudo foi realizado a partir de medições de resíduos gerados, ao longo de todas as etapas de execução de seis obras (data de início até entrega da obra).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE DOS DADOS

Diversos estudos que apresentam diferentes análises a respeito de indicadores de resíduos da construção civil (RCC) estão dispostos na literatura (DIAS, 2013; ORTIZ et al., 2010; KHARRUFA, 2007; MAÑA I REIXACH et al., 2000; PICCHI, 1993), indicando uma diversidade quanto à mensuração desses indicadores, correspondendo, a maioria desses, a medições em kg/m² e m³/m². Os resultados obtidos para o indicador em volume de resíduos por área construída, para as seis obras analisadas (Tabela 2) demonstram que, em geral, esses encontram-se com valores muito semelhantes aos encontrados na literatura disponível, como no que se refere a resíduos de entulho,

com valores em torno de 0,094 m³/m² (PICCHI, 1993), 0,128 m³/m² (DIAS, 2013), 0,118 m³/m² (MAÑA I REIXACH et al., 2000).

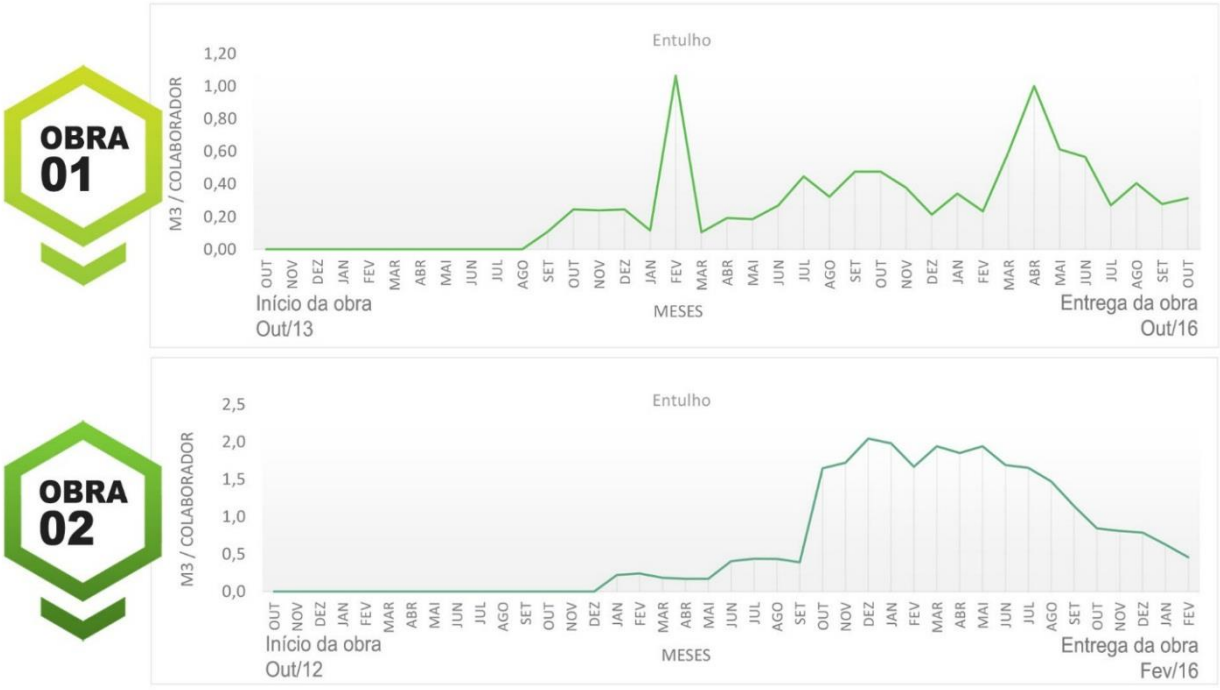
Tabela 2. Indicador resíduo de entulho (m³/m²)

Obra	Área Construída (m²)	Volume Entulho (m³)	Indicador (m³/m²)
1	6.223,66	540,00	0,0868
2	15.969,04	177,29	0,0111
3	13.704,93	293,00	0,0214
4	5.567,81	675,50	0,1213
5	5.046,30	267,10	0,0529
6	48.870,81	699,70	0,0143

Fonte: Próprio Autor (2016).

Grande parte das análises dos resultados do presente estudo referem-se ao indicador em m³/colaborador, conforme exigência do item 5.4.1.1 do SiAC. Poucos estudos utilizam esse indicador (NOVIS, 2014), sendo, portanto, um ponto novo a ser explorado. A partir dos dados levantados *in loco* nas obras, foram elaborados gráficos, onde é possível constatar que o comportamento do indicador de resíduos das obras demonstra uma comprovação de comportamento do andamento dessas obras.

Figura 3. Gráficos de indicadores Resíduos de Entulho de Obra

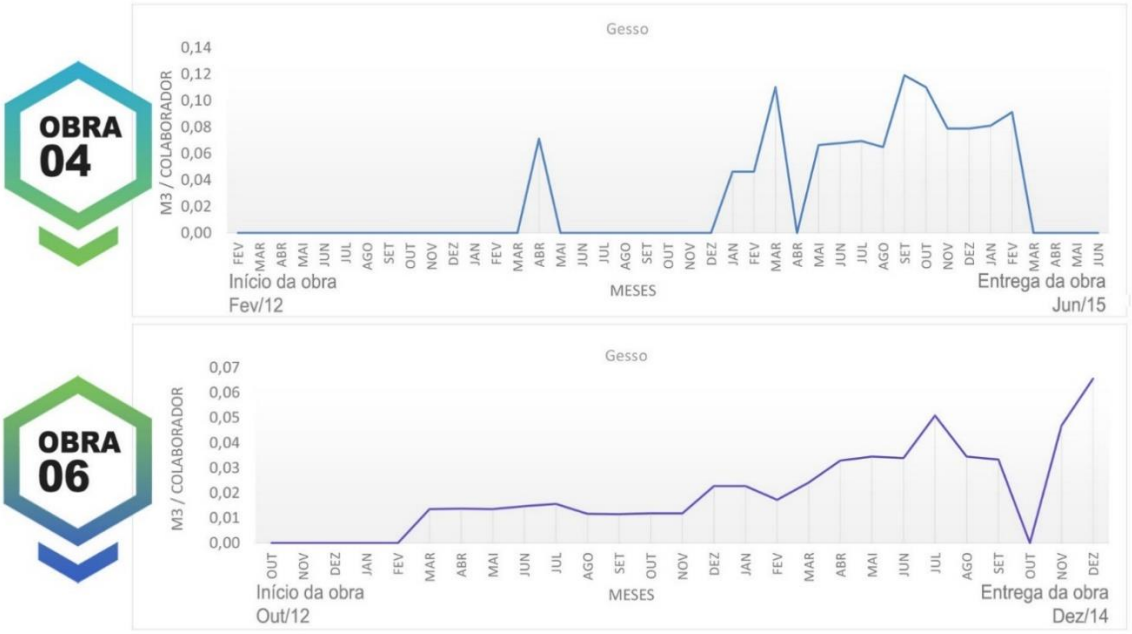


Fonte: Próprio Autor (2016).

As medições do indicador de resíduos classe A (entulho) nas obras 1 e 2 (Figura 3), em que se tem uma curva crescente para um momento inicial da obra, etapa na qual se inicia a execução das vedações, chegando, posteriormente, a um decréscimo dessa curva nos últimos meses, etapa que

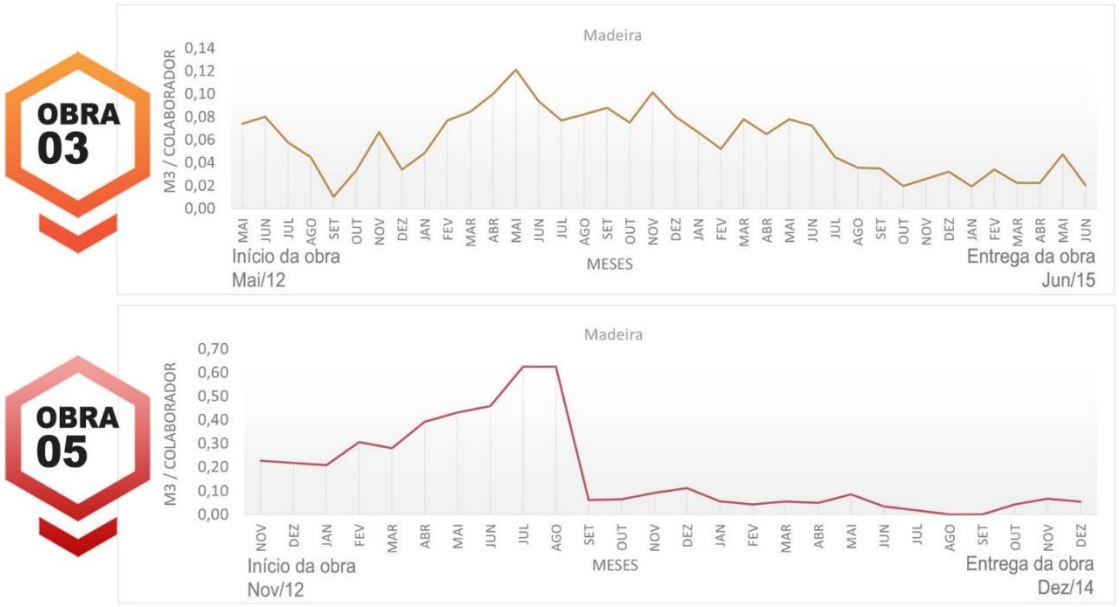
encerra a fase de execução de alvenaria e reboco, diminuindo, assim, a geração desse tipo de resíduo na obra. Para o resíduo de gesso, o comportamento do indicador foi equivalente (Figura 4), uma vez que esse serviço ocorre de forma paralela à execução de alvenaria e reboco.

Figura 4. Gráficos de indicadores resíduos de gesso



Fonte: Próprio Autor (2016).

Figura 5. Gráficos de indicadores resíduos de madeira



Fonte: Próprio Autor (2016).

Para o resíduo de madeira (Figura 5), há valores consideráveis nos momentos iniciais das obras com uma geração de resíduos aumentando ao longo dos meses e, logo após, invertendo seu comportamento para medições de valores decrescentes a partir do momento em que se termina a execução da estrutura e a obra vai chegando ao fim, surgindo outros materiais que passam a ser utilizados para o acabamento da construção. Isso prova que à medida que a construção vai se desenvolvendo, a utilização desse insumo também se processa.
Algumas medições pontuais, as quais, no gráfico, o indicador foi zero, significam a ocorrência de alguma interferência na medição do mês, como o não recolhimento do resíduo naquele mês, o que não influenciou a análise do indicador.

4.2 APLICAÇÃO NO SISTEMA DE GESTÃO

Dentro do contexto de um sistema de gestão, o que, normalmente, se observa é o conjunto de requisitos especificados pelas normas, delimitando as tarefas a serem realizadas a fim de garantir o controle dos processos. Quando o tempo de implementação do sistema de gestão confere à empresa um nível de maturidade considerável, muitas das atividades, quando solidamente desenvolvidas, passam a auxiliar na melhoria contínua, influenciando-se reciprocamente. Dessa forma, os requisitos definem as ações e essas retornam e interferem umas nas outras, capacitando ainda mais o próprio requisito. Partindo dessa premissa, percebe-se que o gerenciamento dos resíduos pode ser utilizado como ferramenta para a promoção da melhoria contínua dos processos dentro das obras, fornecendo importantes informações para o embasamento de tomadas de decisões.

4.3 APLICAÇÃO NA IMPLEMENTAÇÃO DA LEGISLAÇÃO

Conforme institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos de Passo Fundo, as empresas de construção civil estão sujeitas à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Sendo assim, com os dados dos indicadores, é possível a elaboração de um projeto de gerenciamento dos resíduos, que terá como objetivo o estabelecimento dos procedimentos necessários para o manejo e a destinação ambientalmente adequados dos resíduos, de modo que sejam contempladas as diferentes etapas: caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação.

4.4 APLICAÇÃO NAS ETAPAS DE PLANEJAMENTO

4.4.1 NO PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO

Uma das grandes dificuldades existentes no processo de elaboração do planejamento de obra é obter dados que permitam estimar as produtividades e os tempos de execução dos serviços e, normalmente, o que se faz é planejar, com base na experiência da equipe, sem se levar em consideração dados reais e indicadores. Além disso, nesse contexto, também existem outras tarefas que necessitam ser incorporadas nessa equação, a fim de se ter um planejamento adequado que corresponda às necessidades da obra. Devem ser levados em consideração, por exemplo, o tempo perdido com dias de chuva, o tempo perdido com os ajustes de segurança do trabalho e, também, os tempos perdidos com o manejo dos resíduos (recolhimento, transporte, armazenagem) dentro do canteiro de obras.
Os indicadores permitem, no momento da elaboração de uma linha de balanço, que sejam utilizadas essas informações para que, por exemplo, os tempos planejados e as produtividades estimadas dos colaboradores possam estar “mais fiéis” à realidade.

4.4.2 NO PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO

A partir do conhecimento do volume de resíduos que é gerado, é possível ter uma ideia de quanto tempo e espaço serão necessários para transporte e acondicionamento desses, respectivamente. Nesse horizonte de planejamento, pode-se prever as possíveis interferências existentes na obra durante as seis semanas seguintes de execução, sendo necessário prever o aumento de volume de resíduos e buscar organizar o canteiro de obras para dispor de mais espaço para o acondicionamento desses ou mesmo adquirir novas baias. Também fica evidenciada a necessidade de contratação de novos colaboradores, a fim de que o ritmo de produção do empreendimento não seja prejudicado pela queda de produtividade, ocasionada pela "perda" de tempo dos colaboradores, no manejo dos resíduos.

4.4.3 NO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO

Para esse horizonte de planejamento, essas informações das quantidades de resíduos irão propiciar a correta alocação das equipes, evitando, assim, tempos ociosos para os colaboradores, bem como erros de planejamento, fazendo com que o andamento da obra não seja prejudicado, pela não consideração dessas atividades de manejo dos resíduos dentro do canteiro.

5. CONCLUSÃO

O grande volume gerado de resíduos de construção e demolição é um fato largamente comprovado. Ao longo das diferentes etapas de gestão dos resíduos, o controle, por meio de registro de volumes gerados mensalmente nas obras, é possível e pertinente. A utilização desses indicadores como elementos de contribuição para o controle e o gerenciamento do canteiro de obras é fundamental, como ficou devidamente comprovado neste estudo.

Se os resíduos são uma realidade, é válido utilizá-los a favor dos propósitos de crescimento das empresas, fazendo de um problema, uma potente ferramenta de auxílio na promoção da melhoria contínua dentro dos processos. Dessa forma, torna-se possível alcançar inclusive a própria redução de quantidade e de volume de resíduos, pois quanto menos resíduo, menos desperdício se tem, ou seja, menos perdas, menos despesas. Quanto melhor o gerenciamento dos resíduos, menor o volume de entulho, uma vez que maior é a porcentagem de segregação dos resíduos, o que indica um maior reaproveitamento desses, representando uma diminuição na parcela de perdas.

Importante destacar que os dados analisados merecem um tratamento estatístico, podendo com isso, hipoteticamente, apresentar novas e importantes constatações, que venham a embasar ainda mais o potencial de utilização desses indicadores dentro das empresas. Isso pode garantir que o paradigma dominante dentro da construção civil conhecido como "sempre foi feito assim", ou mesmo a ideia de determinar que as decisões sejam feitas com base em "achismo", sem embasamentos e comprovações, sejam questões superadas, de modo que se as decisões sejam apoiadas em dados e informações reais. Com isso, espera-se elevar esse importante setor da sociedade a patamares mais altos de desenvolvimento, em que se possa alcançar mais benefícios para o meio ambiente, gerando, ainda, menos impactos para sociedade em todos os aspectos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. M. Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras. 204 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14001:2004. Sistema de Gestão Ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 9001:2015. Sistema de Gestão da Qualidade: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: ABRELPE, 2014. 83 p.

BERNARDES, A. et al. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição na cidade de Passo Fundo. Ambiente Construído, v. 8, n. 3, p. 65-76, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Alterada pelas Resoluções nº 348, de 2004, nº 431, de 2011 e nº 448, de 2012. Dispõe sobre gestão dos Resíduos da Construção Civil. Brasília, 2002. Disponível em: < www.mma.gov.br>. Acesso em: 01 de set. 2016.

_____. 2010. Presidência da República. Casa Civil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 01 de set. 2016.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CEBDS. Guia da Produção Mais Limpa: faça você mesmo. Rio de Janeiro: CEBDS, 2010. 55 p.

DIAS, Michele Ferreira. Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais. Porto Alegre, 2013. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale o Rio dos Sinos - Programa de pós-graduação em engenharia civil, São Leopoldo, RS, 2013.

GOSCH, Luiz Roberto M. Evolução Urbana de Passo Fundo. Passo Fundo: UPF, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431410/>. Acesso em: 01 de set. 2016.

KHARRUFA, Sahar. Reduction of building waste in Baghdad Iraq. Journal of Building and Environment, 2007 V. 42, nº 5, pp. 2053-2061.

MAÑÀ I REIXACH, F.; SAGRERA I CUSCÓ, A.; GONZÀLEZ I BARROSO, J.M. Situação atual e perspectivas de futuro dos resíduos da construção. Plano de Gestão de Resíduos nas Obras de Construção e Demolição, Programa Life. Cataluña: ITeC (Instituto de Tecnologia da Construção da Cataluña) – Direção geral de Meio ambiente. 2000.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SIAC). Brasília: 2012.

NOVIS, Luiz Eduardo Moraes. Estudos dos indicadores ambientais na construção civil – Estudo de caso em 4 construtoras. Projeto de Graduação (curso de engenharia civil), Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

ORTIZ, O., PASQUALINO, J.C., CASTELLS, F. Environmental performance of construction waste: Com-paring three scenarios from a case study in Catalonia, 2010. Spain. Journal of Waste Management, V. 30, nº 4, p. 646-654.

PASSO FUNDO. Lei nº 4969 de 03 de janeiro de 2013. Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos de Passo Fundo e dá outras providências. Disponível em: <http://pmpf.rs.gov.br/index.php?p=1145&a=1&pm=1&ifr=1>. Acesso em: 02 de set. 2016.

_____. Lei nº 5102 de 05 de dezembro de 2014. Dispõe sobre o aproveitamento, reciclagem e processamento de entulho e estabelece diretrizes para o gerenciamento de resíduos oriundos da construção civil no município de Passo Fundo, conforme especifica. Disponível em: <http://pmpf.rs.gov.br/index.php?p=1145&a=1&pm=1&ifr=1>. Acesso em: 02 de set. 2016.

17. PASSO FUNDO. 2016. Prefeitura Municipal. Disponível em: <http://www.pmpf.rs.gov.br>. Acesso em: 02 de set. 2016.

18. PICCHI, Flávio Augusto. Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios. (TESE) Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental: implantação objetiva e econômica. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SUZER, O. A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems. Journal of Environmental Management, v. 154, p. 266-283, 2015.

WU, Z.; YU, A. T; SHEN, L; L, G. Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. Waste Management, v. 34, edição 9, p. 1692-1683, 2014.

231. MÉTODOS DE COMPOSTAGEM PARA O MEIO URBANO

CUNHA, Michel C.[1](mi.g.cunha@hotmail.com);WASKOW, Régis P.[1](regis_sps@yahoo.com.br);KANNO, Rodrigo[1](rodrigokanno@hotmail.com); TUBINO, Rejane M. C.[1](rejane.tubino@ufrgs.br)*
[1]Universidade Federal do Rio Grande do Sul(UFRGS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define a necessidade da destinação ambientalmente adequada de resíduos priorizando a não geração, reutilização e reciclagem, sendo somente o rejeito destinado para a disposição final (aterro). É sabido que os resíduos sólidos domiciliares (RSD) são compostos em mais de 50% de matéria orgânica e possuem potencial de compostagem. Entretanto a sua mistura com materiais potencialmente contaminantes (pilhas, baterias, lâmpadas de mercúrio, entre outros) pode inviabilizar este processo. Desta forma, o presente trabalho apresenta métodos de compostagem de RSD em pequena escala de modo a viabilizar este processo na fonte geradora como residências, conjuntos habitacionais, bairros, entre outros. Para tal foi realizado um levantamento de técnicas de compostagem em pequena escala respeitando-se características físicas, químicas e biológicas que permitam a sua aplicabilidade no Brasil.
Palavras-chave: Compostagem, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Resíduos Sólidos Domiciliares.

METHODS OF COMPOSTING FOR THE URBAN ENVIRONMENT

ABSTRACT
The National Solid Waste Policy (NSWP) defines the need for environmentally appropriate waste disposal, prioritizing not generation, reuse and recycling, and only the waste destined for final disposal (landfill). It is known that solid household waste (SHW) is composed of more than 50% of organic matter and has a potential for composting. However, mixing them with potentially contaminating materials (batteries, mercury lamps, and so on) can make this process unfeasible. In this way, this work presents SHW composting methods in small scale in order to make this process feasible in the generating source such as residences, housing complexes, neighborhoods, among others. A survey of small-scale composting techniques respecting the physical, chemical and biological characteristics that allow its applicability in Brazil was carried out.

Keywords: Composting, National Solid Waste Policy, Solid Household Waste.

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010) introduziu a necessidade da destinação somente de rejeitos para os aterros sanitários. Entretanto a maior fração dos resíduos sólidos urbanos (RSUs) coletados diariamente pelas prefeituras compreende os resíduos orgânicos, com potencial de compostagem. Ações visando a minimização da geração deste tipo de resíduo

encontram algumas dificuldades como a mudança de cultura da população que visa somente destinar os resíduos, sem ao menos se importar para onde está sendo enviado este material.
A fração orgânica dos RSUs, diferente da fração reciclável (como papel, plásticos e metais), pode ser facilmente tratada pela população, sua fonte geradora.
Atualmente há uma diversidade de métodos, algumas vezes desconhecidos pela população, para realizar a compostagem de resíduos orgânicos. De acordo com o tamanho da residência, perfil familiar e até mesmo o interesse da adoção da compostagem por mais de uma família em consórcio, métodos diferentes podem ser adotados.
Desta forma o objetivo deste trabalho é apresentar métodos e sistemas de compostagens passíveis de serem aplicados no Brasil visando minimizar a geração de resíduos orgânicos na sua origem.

2. MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho baseia-se em uma série de consultas a trabalhos acadêmicos, manuais de compostagem, informações de empresas fornecedoras de equipamentos e outros documentos relacionados ao processo de compostagem em pequena escala, ou seja, passíveis de serem aplicados pelas comunidades nos diversos municípios brasileiros.
Informações sobre os sistemas e equipamentos que não possuem embasamento técnico e/ou científico disponível não foram consideradas nas descrições de princípio de funcionamento, vantagens e desvantagens.
A descrição dos processos seguiu a ordem de processos mais comumente aplicados e sem necessidade de maior custo, seguido de métodos que necessitam da introdução de energia (manual ou de outra fonte).

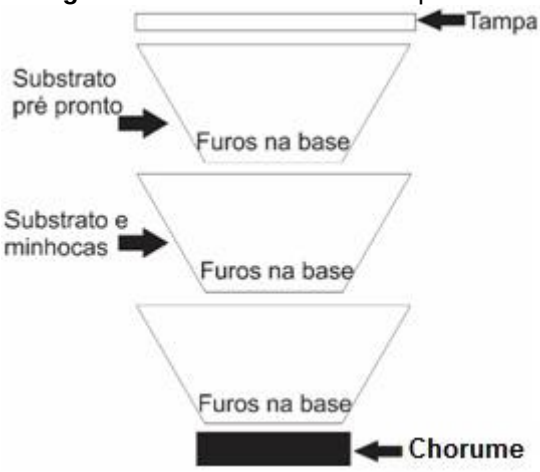
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentadas as principais tecnologias identificadas no presente estudo. Inicialmente são apresentados os métodos comumente aplicados, a compostagem com minhocas (ou vermicompostagem) e a compostagem sem minhocas, ambas desenvolvidas em recipientes. Em seguida são apresentados métodos que utilizam a introdução de energia no sistema visando à aceleração do processo de decomposição dos materiais.

3.1. Sistema de compostagem: Minhocasa ou Vermicompostagem

É um sistema fechado, através de um conjunto de três caixas, geralmente poliméricas, empilhadas, interligadas entre si por meio dos furos em suas bases, conforme a Figura 1. No compartimento do meio, uma colônia de minhocas (ECODESENVOLVIMENTO, 2010) (principais espécies utilizadas: vermelha da Califórnia e gigante africana) se alimentam das sobras de alimentos, folhas secas e papel, convertendo-os em dois tipos de adubo: húmus e um biofertilizante líquido (chorume).

Figura 1. Sistema de caixas empilhadas

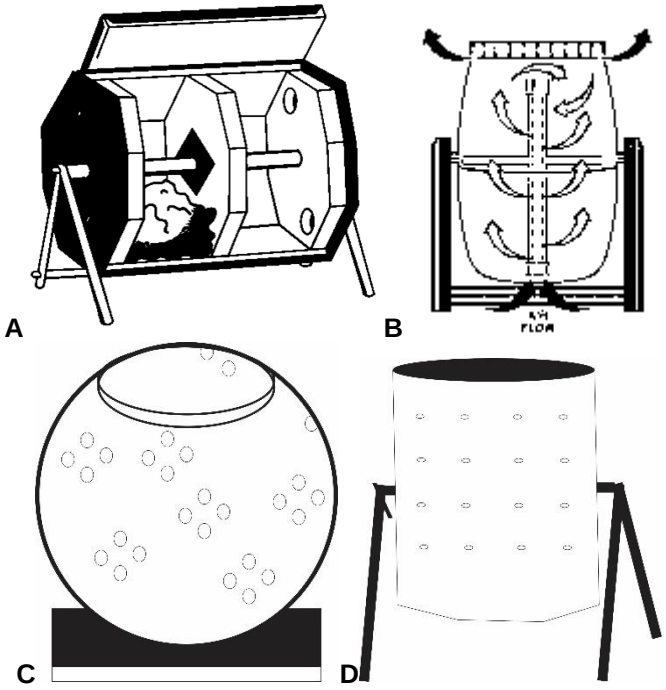


Dentre os principais benefícios desta técnica destaca-se a redução da coleta de resíduo orgânico pelo serviço público municipal; maior vida útil dos aterros sanitários; sistema isento de odores; o sistema gera um líquido, geralmente, com pH neutro usado como adubo folhear ou na rega.
Alguns dos principais alimentos que podem ser colocados no sistema são: frutas, legumes, verduras, cascas de ovos, grãos e sementes, borra e filtro de café, sachê de chá e erva de chimarrão. Entretanto há alimentos que não devem ser dispostos em grande quantidade como: frutas cítricas, alimentos cozidos, guardanapos, papel toalha, laticínios, flores e ervas. Alimentos que não podem ser colocados são: carnes, limão, temperos fortes, óleos, gorduras, líquidos (leite, iogurtes, caldos de sopas), fezes de animais e papel higiênico.

3.2. Composteira Rotativa ou Giratória

O processo de compostagem neste equipamento é realizado em um barril/tambor onde existe a possibilidade de se revirar a matéria orgânica. Dentro do barril são colocados restos de alimentos e material orgânico do jardim junto com a terra. Este tambor, por ser fechado, auxilia na produção de calor, acelerando o processo de compostagem, transformando a matéria orgânica em composto para compostagem. A entrada de ar permite a aeração do composto, que acelera o processo. O movimento giratório ajuda a misturar a matéria orgânica acelerando o processo. Previne a proliferação de animais e insetos pelo ambiente fechado. Alguns dos sistemas são apresentados na Figura 2, seguidos por uma breve descrição de cada um.

Figura 2. Exemplos de dispositivos rotativos de compostagem



Fonte: adaptado de Hydrobio, 2016.

*3.2.1 Sealeddrumcomposttumblers (*Tambores de manivela*)*
Sistema montado na horizontal com uma barra atravessando o barril, facilitando a rotação do mesmo (Figura 2 A). O modelo pode apresentar ranhuras entalhadas ou pás que possibilitam uma boa mistura interna do material. Em alguns modelos se coleta o chorume, que pode ser usado como fertilizante. A retirada do composto é facilitada, podendo se retirar todo o material de uma única vez.

3.2.2 Tambores de eixo central
A composteira de eixo central é produzida para o ar entrar direto no material a ser decomposto. Isto traz vantagens para o processo de decomposição, que permite que o tempo de decomposição seja mais rápido, e que o composto tenha menor volume. O centro do barril possui dutos que permitem a entrada de ar no seu interior e pás acopladas que permitem quebrar o material orgânico quando o barril é rotacionado (Figura 2 B). O tambor gira no seu eixo central e as pás internas ajudam a misturar e quebrar o material. A maioria desses tambores são montadas perto do solo possibilitando uma fácil retirada do composto.

3.2.3 Roll-Around Sphere Compost Tumblers (Composteira em formato de esfera)
Neste sistema se coloca o material a ser compostado e gira. Quanto maior a quantidade de material mais difícil para fazer a esfera girar e difícil de retirar o material composto. Neste sistema o processo de rotação e a entrada de ar auxiliam no processo, como nos sistemas anteriormente descritos. O sistema pode ser observado na Figura 2 C.

3.2.4 Base-rolling Drums

Funcionamento de maneira similar ao da esfera só que ao invés de um recipiente em formato de esfera é feito em um tambor (Figura 2 D). O material é colocado no tambor e pode ser girado na horizontal ou na vertical, dependendo da maneira com que foi produzido.

Dentre as vantagens destes sistemas destacam-se: a possibilidade de aceleração do processo e transformação do composto em até três semanas; roedores e outros animais mantidos longe do composto; eliminação de odores; sem necessidade de manuseio direto do concentrado; e possibilidade de fabricação caseira.

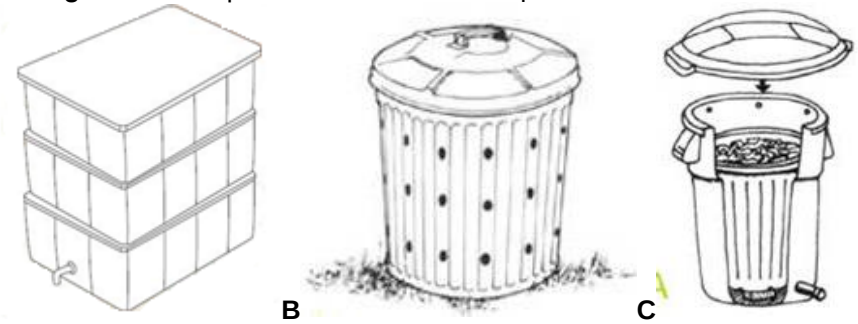
Entretanto, quanto às desvantagens podem ser citadas: maior custo que minhocário ou composteira caseira; e dependendo do tamanho ou peso do material, pode ser difícil misturar o composto.

3.3. Composteira caseira sem minhocas

As minhocas aceleram o processo de decomposição e fazem o serviço de aeração do composto, mas tudo acontece perfeitamente bem sem elas. O sistema de caixas sobrepostas pode ser desenvolvido com utensílios domésticos como baldes, além de bombonas e outros recipientes disponíveis (preferencialmente de 100 litros). Um esquema simplificado é apresentado na Figura 3 A. Neste sistema a estrutura é composta de três caixas. A caixa de cima e do meio são as digestoras, onde deverão ser colocados os resíduos. A caixa de baixo, contendo um sistema de purga (torneira) serve de local de armazenamento do chorume.

Outra possibilidade considera a utilização de apenas dois recipientes. As Figura 3 B e C exemplificam este esquema. Neles são utilizados dois recipientes iguais um dentro do outro. O recipiente interno é onde ficam depositados os resíduos, e o externo serve para a coleta do chorume.

Figura 3. Exemplos de sistemas de composteiras sem minhocas



A **B** **C**

Fonte: adaptado de Ribeiro (2011)

Em ambos os sistemas acima o(s) recipiente(s) que contêm resíduos devem possuir furos (0,5 cm aproximadamente) na base, para o escorrimento do chorume gerado pela decomposição do material. No caso do segundo sistema (Figura 3 B e C) o recipiente interno deve possuir em sua base um sistema de drenagem que facilite o escoamento interno do mesmo, dotado de britas, tecido e uma camada de terra (3 cm), seguindo esta ordem da base para o topo. Além disso, necessita-se um local fixo de disposição do(s) recipiente(s), recomenda-se uma área de 1 m².

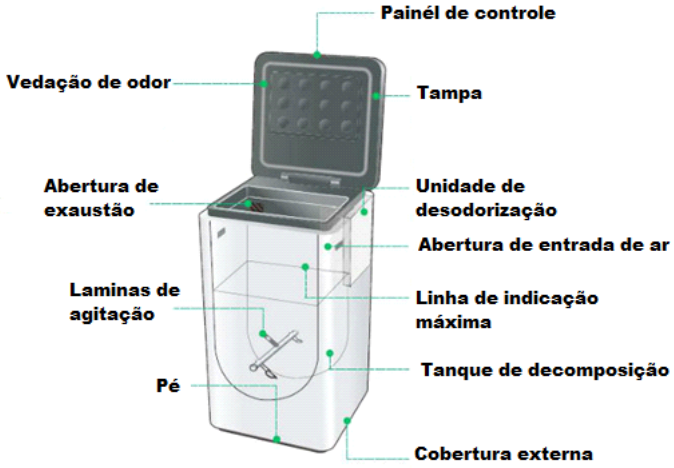
Os alimentos devem ser compostos de restos de comida (cascas de frutas, verduras, entre outros), evitando-se os muito gordurosos que atrapalham a decomposição devido à sua fermentação ocasional. Os alimentos devem ser preferencialmente picados. Todo o conteúdo deve ser

homogeneizado a cada disposição de resíduos, aproveitando o estágio mais avançado de decomposição do material mais ao fundo do recipiente, e ao final, deve ser coberto com terra. Esta etapa auxilia ainda na oxigenação do composto, que é muito importante para o processo de decomposição e para evitar mau cheiro (JAHNEL et. al., 1999).
De tempos em tempos deve-se pegar um pouco do composto e apertá-lo na mão para verificar a umidade. A mão deve ficar úmida, mas não molhada. Se escorrer líquido, o composto está molhado demais, então mais terra deve ser acrescentada para equilibrar a umidade. O recipiente deve estar sempre coberto com um pedaço de tela fina para evitar a entrada de moscas ou outros insetos. Para maximizar a entrada de oxigênio, essencial para o correto funcionamento do processo, recomenda-se não tampar.
Vantagens: sem consumo de energia; pode ser elaborado com materiais caseiros simples; baixo custo de aquisição.
Desvantagens: processo mais lento que o sistema contendo minhocas, logo necessita de mais de um recipiente disponível até atingir a maturação do primeiro.
Uma maneira prática de acelerar o processo de decomposição é revirar o monte de 20 em 20 dias, para renovar o estoque de ar à disposição dos micro-organismos. Após 60 ou 90 dias de formado, o composto estará, em sua maior parte, transformado em húmus, porém, talvez, nem todos os materiais nele misturados estarão completamente decompostos.
O composto pronto é solto, tem cor escura e cheiro de terra e quando esfregado nas mãos elas não se sujam. Normalmente, o composto obtido por meio de compostagem doméstica leva cerca de 6 meses até 1 ano para que ocorra a estabilização do material.

3.4. Composteira Elétrica ou Automática

O aparelho funciona de forma similar aos outros métodos de compostagem, onde se colocam os resíduos em pedaços pequenos, podendo ser adicionados alimentos cozidos, carnes e alguns ossos, e com o calor produzido pela energia elétrica e o revolvimento da mistura de resíduos pelas lâminas de agitação, que oxigena o composto pela aeração do mesmo, produz-se o composto em forma de pó pronto para uso.
Dois modelos de composteiras elétricas estão mais difundidos no mercado. Um deles utiliza uma terra com micro-organismos patenteados (RIBEIRO, 2011), que auxiliam a rápida decomposição do material orgânico e o outro através da desidratação do resíduo (PANASONIC, 2016).
O aparelho funciona colocando-se alimentos crus ou cozidos, enquanto aquece e faz a mistura dos alimentos. Após um determinado tempo o composto, em forma de pó, estará pronto.
A grande vantagem desse processo é que ele apresenta baixa restrição dos resíduos depositáveis, podendo aceitar qualquer alimento, seja ele, cru ou cozido e também carnes e ossos. Também possui um tempo de produção do composto muito rápido, de algumas horas a um dia. O aparelho não necessita de conhecimento ou dedicação para seu manuseio e pode ser instalado em praticamente qualquer lugar, pois é compacto. O desidratador possui um tempo de algumas horas para produzir um adubo que pode ser utilizado em plantas e jardim, já o que é decomposto com a terra necessita de um período de 24 horas para produzir o composto. Possibilidade de produzir até 8 quilos de composto em 24 horas. Não necessita de um espaço muito grande para a sua instalação.
Porém, seu preço, gasto de energia, qualidade do composto não tão boa quanto um adubo ou fertilizante, são desvantagens deste método de compostagem. AFigura 4 apresenta um exemplo de composteira elétrica e a descrição de cada parte do equipamento.

Figura 4. Exemplo de equipamento de compostagem elétrica

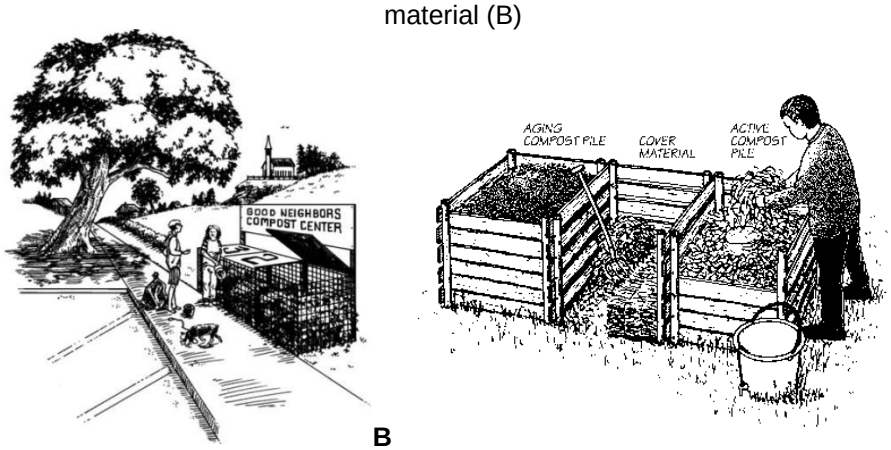


Fonte: adaptado de Ribeiro (2011)

3.5. Composteira coletiva

Voltada a atender moradores dispostos a separar seu resíduo orgânico, mas não a cuidar de sua compostagem, por falta de tempo, espaço, condições físicas ou interesse, a compostagem "coletiva" surge como uma alternativa. A implantação deste sistema pode ocorrer em minicentrais comunitárias ou outros pontos de uso comum dos interessados no projeto e ser aplicado através dos mais diversos métodos (Figura 5). Este método volta-se a atender grupo de pessoas, seja em empresas, condomínios, escolas, bairros ou ainda feiras livres.

Figura 5. Meio de centralização da disposição dos resíduos (A) e meio de organização da disposição do material (B)



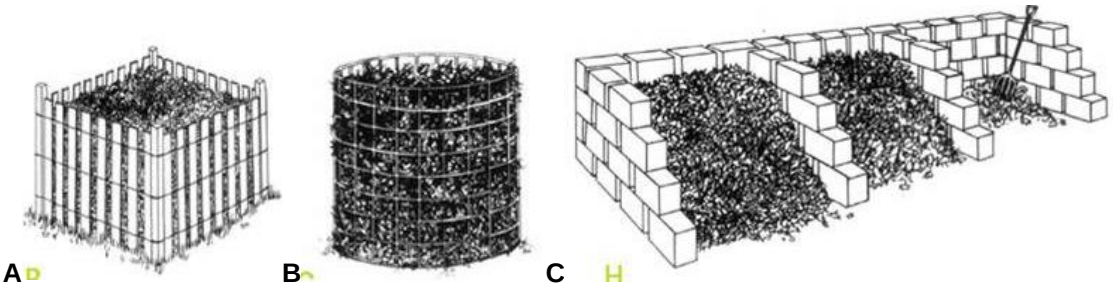
A **B**

Fonte: adaptado de Shiralipour (2015) e HUMUSZ SZOVETSEG (2016).

Além do acesso a uma área conveniente, a compostagem comunitária exige uma fonte de água para eventuais regas, uma cobertura rústica, onde ocorrem muitas precipitações, um responsável por manter o local limpo e organizado (voluntário em rodízio ou servidor municipal devidamente treinado) e critérios e rotinas para a entrega dos resíduos.

Em Florianópolis, por exemplo, a ONG Cepagro (CEPAGRO, 2016) iniciou em 2008 um projeto que recolhe o resíduo orgânico de 200 famílias de um bairro popular, e o leva para uma minicentral de compostagem, retornando o adubo pronto para plantios urbanos.
Neste tipo de compostagem é ideal dispor de resíduos orgânicos com menor teor de umidade, como aparas de grama, podas, capim e serragem, para o controle do teor de umidade do material em compostagem. Exemplos de alguns dos métodos potencialmente aplicáveis para a compostagem comunitária é apresentado na Figura 6 (A, B e C).

Figura 6. Exemplo de sistemas utilizados no processo de compostagem comunitária



Embora a operação de uma central comunitária seja muito simples, recomenda-se a supervisão da prefeitura, na forma de apoio e treinamento. O composto produzido comunitariamente será usado pelos participantes, doado, vendido ou trocado.
No caso de leiras, o tamanho do composto dependerá da quantidade de materiais orgânicos disponíveis, mas nunca deverá medir mais que 2 metros de altura e 3 metros de largura, para que um pouco de ar possa estar presente em seu interior (RIBEIRO, 2011)
Segundo a Organização Não Governamental (ONG) Agricultura Urbana (AGRICULTURA URBANA, 2016), geralmente, o composto terá 3 ou 4 vezes mais material vegetal (rico em carbono = palhas, folhas etc.) do que animal (rico em nitrogênio = estrume). Um composto só de palha e outros materiais ricos em carbono vai demorar muito para fermentar e se decompor e não se transformará num adubo potente. Por outro lado, um composto feito só de materiais ricos em nitrogênio vai apodrecer, soltar mau cheiro, e reduzir muito de tamanho. Também devem entrar no composto um pouco de terra (até 5% do total) e um pouco de composto pronto, já preparado em outros montes (até 15%).

4. CONCLUSÕES

As alternativas de compostagem anteriormente apresentadas evidenciam a possibilidade da realização da compostagem caseira pela população, independente do perfil familiar, estrutura disponível e/ou capacidade necessária.
Cabem às prefeituras tornarem mais evidentes e incentivarem a introdução deste tipo de sistema e práticas junto às unidades familiares, visando minimizar a destinação da fração orgânica junto ao RSU coletado diariamente.
Dado que alguns dos sistemas de compostagem caseiras necessitam de orientação técnica ou financeira, as prefeituras devem avaliar, ainda, os custos e benefícios do incentivo a estas práticas frente a outras possibilidades de minimização da destinação da fração orgânica para aterros junto aos RSUs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURA URBANA. Compostagem: Como transformar seu lixo em adubo de alta qualidade. Disponível em:<http://agriculturaurbana.org.br/ >. Acesso nov. de 2016.

CEPAGRO – CENTRO DE ESTUDOS E PROGRAMAÇÃO DA AGRICULTURA DE GRUPO. Compostagem Chega ao Jardim Botânico de Florianópolis com Apoio do CEPAGRO. Out. de 2016. Disponível em:<https://cepagroagroecologia.wordpress.com/tag/compostagem/>. Acesso nov. de 2016.

ECODESENVOLVIMENTO.ORG. “Minhocasa” é a solução para compostagens dentro de casa. Disponível em:<http://www.ecodesenvolvimento.org/noticias/201cminhocasa201d-e-solucao-para-compostagens>. Acesso fev. de 2010.

HUMUSZ SZOVETSEG. Associação dos Humus. Disponível em:<http://www.humusz.hu> Acesso em 19 de out. de 2016.

HYDROBIO.ORG. Best Compost Bin for Your Lifestyle. Disponível em: <http://hydrobio.org/category/composting/>. Acesso em jan. de 2017.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N.. MATURIDADE DE COMPOSTO DE LIXO URBANO. Sci. agric., Piracicaba , v. 56, n. 2, p. 301-304, 1999.

JOHNSON, G.E.; CRAWFORD, S.L. Evaluating compost quality. Resource Recycling, p.50-54, 1993.

PANASONIC.Panasonic RISAIKURA MS-N53 Indoor Composter. Disponível em: <http://panasonic.jp/garbage>. Acesso em nov. de 2016.

RIBEIRO, R. Guia de Compostagem Caseira. 2a edição. Jul. de 2011.

SHIRALIPOUR, H. J.. Lessons on How to Effectivelly Manage Yard Trimmings and Other Organic Materials Generated at Home. Master Composter Home Study Course.University of Winsconsin. 2015.

252. EMPREGO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA PARA A PRODUÇÃO DE CIMENTOS COM BAIXA EMISSÃO DE CO_2

GUILLANTE, Patricia[1](pguillante@gmail.com); DAUDT, Júlio César Maia[1] (julio.daudt@gmail.com); ABREU, Aguida Gomes de[1](aguidagabreu@gmail.com); KULAKOWSKI, Marlova Piva[1](marlovak@unisinos.br); MANCIO, Mauricio (mancio@unisinos.br) [1]
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

RESUMO
A utilização de materiais alternativos de baixo impacto ambiental, em substituição total ou parcial ao Cimento Portland (CP), têm sido objeto de estudo em diversos trabalhos na área da construção civil. Estes materiais, na maioria das vezes são resíduos e não possuem uma destinação final adequada. Na utilização destes resíduos, visa-se obter aglomerantes para produção de concretos, sejam estes fins estruturais ou não, com reduzido consumo de CP, e consequentemente, com menores emissões de CO_2. Sob esta perspectiva, a utilização de Resíduos de Cerâmica Vermelha (RCV) resulta em vantagens de cunho ambiental, tecnológico e social, o que pode contribuir para a sustentabilidade do setor. Assim, foi analisado o potencial do RCV como material alternativo em substituição parcial ao cimento Portland (pozolanicidade) e na produção de LC_3 (Limestone Calcined Clay Cement), sendo o resíduo processado em laboratório com temperaturas de calcinação de 650ºC, 750ºC, 850ºC e 950ºC. O LC_3, é um novo tipo de cimento, baseado em uma mistura de clínquer, calcário e argila calcinada, que visa a reduzir as emissões de CO_2 em até 30%. Tendo em vista as duas alternativas para o emprego do RCV, foi investigado o Índice de Atividade Pozolânica (IAP), o potencial pozolânico do LC_3 a partir do método de Fratini, as características físicas, químicas e mineralógicas dos resíduos, bem como, resistência à compressão axial frente à substituição parcial do CP por RCV. Desta forma, pode-se atribuir benefícios da utilização do RCV para as alternativas pesquisadas, uma vez que, apresentou atividade pozolânica e resistência à compressão axial com potencial de aplicação em concretos usualmente produzidos com CP.
Palavras-chave: Resíduo de cerâmica vermelha – LC_3 – materiais alternativos – construção civil

CLAY BRICK WASTE EMPLOYMENT FOR THE PRODUCTION OF CEMENTS WITH LOW CO2 EMISSIONS

ABSTRACT
The use of alternative materials of low environmental impact, in total or partial replacement in Portland Cement (PC), has been object of study in several works in the civil construction area. These materials are most often waste and don't have an adequate final destination. In the use of these residues, it's sought to obtain binders for the production of concrete, whether these structural purposes or not, with reduced consumption of CP, and consequently, with lower CO_2 emissions. From this perspective, the use of Clay Brick Waste (CBW) results in environmental, technological, and social advantages, which could increase the setor sustainability. Thus, the potential of RCV was analyzed as an alternative material in partial replacement with Portland cement (pozolanicity) and in the production of LC_3 (Limestone Calcined Clay Cement), the residue being processed in the laboratory with calcination temperatures of 650ºC, 750ºC, 850ºC and 950ºC. The LC_3 is a new type of cement based on a blend of clinker, lime and calcined clay, which aims to reduce CO_2 emissions by up to 30%. In view of the two alternatives for the use of the RCV, the Pozzolanic Activity Index

(IPA) was investigated, the pozzolanic potential of LC3 from the Fratini method, the physical, chemical and mineralogical characteristics of the residues, as well as resistance to axial compression versus partial replacement of CP by CBW. In this way, it's possible to attribute benefits of the CBW to the alternatives studied, since it presented pozzolanic activity and resistance to axial compression with potential of application in concretes usually produced with CP.
Keywords: Clay Brick Waste, LC_3, Alternative Materials, Civil Construction

1. INTRODUÇÃO

A crescente geração de CO_2, associada ao consumo de cimento, que por sua vez, está vinculado ao processo de fabricação do clínquer, tem sido alvo de diversos estudos envolvendo a viabilidade de utilização de cimentos com baixo impacto ambiental. Segundo Cheah e Ramli (2012), no contexto mundial, a indústria cimenteira está entre as maiores consumidoras de recursos energéticos, bem como, de matérias primas, como o calcário. Desta forma, Ali, Saidur e Hossain (2011) acreditam que, as indústrias cimenteiras sejam responsáveis pela emissão de aproximadamente 7% de CO_2, do total de emissões mundial. Com o intuito de reduzir as emissões de CO_2 associadas ao processo de produção e ao consumo de cimento, algumas medidas podem ser tomadas. Entre elas, está a incorporação de materiais pozolânicos ou materiais com propriedades cimentantes, que visam a reduzir a proporção de clínquer a ser utilizado na fabricação do cimento Portland. (MEHTA, 2004),.

Neste contexto, o RCV vem sendo estudado e analisado como material pozolânico, alternativo ao cimento Portland, devido à sua grande disponibilidade no Brasil e devido seu satisfatório desempenho no concreto, tanto no estado fresco, quanto no endurecido (GONÇALVES, 2005). No que tange ao desempenho satisfatório da utilização do RCV, pode-se citar a durabilidade, uma vez que, os materiais pozolânicos possuem capacidade de aumentar a resistência dos concretos à longo prazo, reduzindo a permeabilidade do mesmo, e consequentemente, a entrada de agentes agressivos. Neste quesito, os materiais pozolânicos suprem uma deficiência exposta por Mehta (2004), em que a indústria da construção civil não é sustentável, devido a três fatores, sendo um deles, a falta de durabilidade das estruturas.

O RCV, que é uma argila calcinada, é gerado a partir de rejeitos cerâmicos originários de indústrias que utilizam principalmente argilas ilíticas como matéria prima (GONÇALVES E MOURA, 2007). Pinto (2000) coloca que as argilas apresentam em sua composição química, basicamente elementos como a sílica e a alumina, e estes elementos apresentam estruturas atômicas diferentes. Amorim et al. (2000), complementam que, o aumento da superfície específica dos materiasi, implica no aumento do grau de pozolanicidade, sobretudo, conferindo papel importante na reatividade dos materiais com poder aglomerante. Ainda segundo os autores supracitados, a temperatura e o tempo de queima também desempenham papel fundamental no índice de atividade da pozolana. De acordo com Cordeiro e Désir (2010), a temperatura de queima do material influencia na sua reatividade, em função do grau de desordem cristalina. Os resultados obtidos pelos autores ao utilizarem argilas calcinadas, demonstram um decréscimo do índice de atividade pozolânica quando a temperatura é mais elevada, embora os índices tenham ficado acima do limite previsto pela norma de pozolanicidade.

A utilização do RCV em substituição parcial ao cimento Portland foi estudada por Bahiense et al. (2008), que demonstraram que a presença do mesmo, resultou na melhoria das propriedades dos concretos e argamassas estudados. Estes benefícios observados com a utilização do RCV, foram associados ao efeito fíler, devido à alta finura do material incorporado, bem como, ao efeito pozolânico do resíduo. O efeito pozolânico, ou atividade pozolânica, consiste, na capacidade do

material, em reagir com o hidróxido de cálcio proveniente da hidratação do cimento para formar silicato de cálcio hidratado adicional. Cordeiro e Désir (2010) ao analisarem diversos teores de substituição de cimento Portland por RCV, verificaram que a introdução de material cerâmico contribuiu para o aumento da resistência dos concretos analisados.

No que se refere à utilização do RCV para a produção do LC_3, Scrivener (2014) explica que, a argila é único material com potencial para contribuir significativamente na redução do clínquer (e emissões de CO_2), pois torna-se reativa quando calcinada a temperaturas entre 600ºC e 800ºC. O LC_3 é um cimento com baixa concentração de carbono e é composto por uma mistura ternária de argila calcinada, calcário e clínquer. Ainda segundo Scrivener (2014), o LC3 apresenta duas grandes vantagens para produção sustentável, uma delas, é que cerca de 45% da mistura é composta por resíduos, e a segunda, é que o teor de clínquer é reduzido em cerca de 50%. A autora verificou, através da análise do ciclo de vida, que o LC3 pode reduzir em até 30% as emissões de CO_2, e economizar até 50% de calcário, se comparado ao cimento convencional. Além das vantagens apresentadas, o LC_3 apresenta durabilidade e resistência comparáveis aos cimentos convencionais. Neste contexto, tendo em vista a viabilidade de utilização do RCV para a produção de LC_3, bem como, a sua utilização em substituição parcial ao cimento Portland, este trabalho foi proposto. Para isso, levou-se em consideração, as características químicas, físicas e mineralógicas de um RCV e de um RCV Produzido em Laboratório (RCVPL) à diferentes temperaturas, e, principalmente, a capacidade pozolânica destes materiais. Espera-se que estudos deste tipo possam contribuir para pode melhorar a sustentabilidade do cimento Portland, que é o aglomerante mais empregado na construção civil

2. MATERIAIS

2.1 CERÂMICA VERMELHA

2.1.1 RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA (RCV)

O RCV utilizado teve origem a partir de blocos cerâmicos coletados de um mesmo lote de produção, que segundo informações do fabricante, teve temperatura média de queima estimada entre 700°C e 750°C. O beneficiamento do RCV na forma de pó, foi realizado em três etapas de cominuição, incluindo britagem e moagem. Inicialmente, o resíduo foi submetido a um britador de mandíbulas, após, os fragmentos de cerâmica passaram pelo primeiro processo de moagem em um moinho de rolos, com distância entre rolos de 3 mm. Depois disso, a cerâmica vermelha foi processada mais refinadamente com o auxílio de um moinho de bolas, onde a cerâmica permaneceu por um período de 60 minutos. Foram utilizados 5 kg de bolas de porcelana e foram beneficiados 3kg de cerâmica, por moagem.

2.1.2 RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA PROCESSADO EM LABORATÓRIO (RCVPL)

A origem do RCVPL é a mesma do RCV, porém, a coleta do material foi realizada antes da calcinação na indústria, com o intuito de fazer a queima destes blocos cerâmicos crus com controle específico de temperatura em laboratório. Os blocos foram calcinados em um Forno Mufla marca Sanchis e modelo DTT 1.250, com um patamar de aumento de temperatura de 150°C/h até a queima estável por 8 horas nas temperaturas de 650°C, 750°C, 850°C e 950°C. O beneficiamento do RCVPL na forma de pó foi realizado em três etapas de cominuição, mesmo processo realizado com o RCV, tendo com diferenciação a etapa de moagem. Após o resíduo ser submetido ao britador de mandíbulas, os fragmentos dos blocos foram moídos diretamente em moinho de bolas sem excentricidade, mesmo equipamento empregado na última etapa do beneficiamento do RCV. Ainda, depois disso, o material com dimensão de grão menor que 0,3 mm foi submetido a moagem refinada em um moinho de bolas excêntrico (Periquito).

2.2 CALCÁRIO

O calcário empregado nas misturas de LC_3 é dolomítico e tem origem no município Colombo/PR, refinado industrialmente até ser, em sua totalidade, passante na peneira de 0,044 mm.

2.3 AGREGADOS

Para a realização do ensaio de pozolanicidade foi utilizado agregado miúdo normal de padrão secundário, sendo esta processada em laboratório com solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) para a eliminação de matéria orgânica e materiais deletérios.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para avaliação das propriedades físicas e químicas dos resíduos foram utilizados os métodos de caracterização de Difração de Raios X (DRX), Fluorescência de Raio X (FRX), Granulometria a Laser, e adsorção de nitrogênio BET. Com o objetivo de verificar o potencial de utilização dos resíduos como substituição parcial do Cimento Portland ou como matéria prima para o LC_3, o RCV foi submetido ao ensaio de pozolanicidade, prescrito na ABNT NBR 5752:2014. O LC_3 foi produzido com o RCVPL, após, foi realizado o ensaio de determinação de atividade pozolânica de cimentos, de acordo com o método de Fratini, normalizado pela ABNT NBR 5753:2016.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

A superfície específica do RCV e do RCVPL foi determinada através do método de adsorção de nitrogênio BET, no Laboratório de Estudos Avançados em Materiais da Feevale, com o auxílio do equipamento Quantachrome Inova 2200E.

As dimensões das partículas do RCV e do RCVPL foram determinadas a partir do ensaio de granulometria a laser, realizado no LCVMat da Unisinos, com o auxílio do equipamento Microtac S3500. Ambos materiais foram ensaiados em via úmida.

Para caracterizar a mineralogia dos materiais, foi adotado o método de ensaio de Difração de Raios-X (DRX). As DRX dos RCV e RCVPL, foram realizadas no Laboratório de Difração de Raios X do Instituto de Física da UFRGS e o equipamento utilizado para análise foi o difratômetro Siemens D5000, empregando radiação de Cu/Kα, corrente de 30 mA e tensão elétrica de 40 kV. O material foi preparado no LCVMat, onde passou por um processo de moagem na Pedra de Ágata, até que seus grãos não fossem mais sentidos ao toque. Os resultados obtidos foram interpretados no LCVMat da Unisinos, de acordo com banco de dados apropriado. Através deste ensaio, foi possível conhecer a composição mineralógica dos materiais, através da formação de picos cristalinos e condições amorfas representadas nos *halos* de amorfismo.

A composição química do RCV e do RCVPL foi determinada pelo ensaio de Fluorescência de Raios-X (FRX) por dispersão de energia, realizado no Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (LAMIR) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

3.2 POZOLANICIDADE

A atividade pozolânica do RCV e do RCVPL foi testada através do método de ensaio descrito na ABNT NBR 5752:2014, que avalia o índice de desempenho das pozolanas com o cimento Portland aos 28 dias. Foram verificadas três misturas diferentes, incluindo a amostra de referência, e moldados seis corpos de prova para cada mistura. A mistura da argamassa, que com exceção da amostra de referência teve substituição parcial de 25% do Cimento Portand pelos resíduos estudados, e os procedimentos de moldagem e cura, foram executados segundo as prescrições da ABNT NBR 7215:1996.

3.3 POTENCIAL POZOLÂNICO DO LC_3

A atividade pozolânica do RCVPL foi verificada através do método químico de determinação de atividade pozolânica em cimento pozolânico, segundo a ABNT NBR 5753:2016. Conhecido como método de Fratini, este é utilizado apenas para determinar se um cimento é ou não pozolânico. Neste método, a atividade pozolânica é analisada comparando a quantidade de hidróxido de cálcio presente na fase líquida em contato com o cimento hidratado, com quantidade de hidróxido de cálcio que poderia saturar um meio de mesma alcalinidade. Sabe-se que em um cimento Portland pozolânico, a concentração de hidróxido de cálcio em solução é sempre inferior à concentração de saturação. Tendo isto em vista, utilizou-se para este ensaio os cimentos CPIV 32 e CPII F 32 como referências, além de uma mistura de clínquer com 5 4% de gesso. O RCVPL foi empregado nos cimentos LC_3 com 4 diferentes temperaturas de queima e com o proporcionamento dos materiais conforme mostrado na Tabela 1, sendo o RCVPL substituído pelo calcário em 3 teores.

Tabela 1. Proporcionamento dos materiais constituintes do LC_3

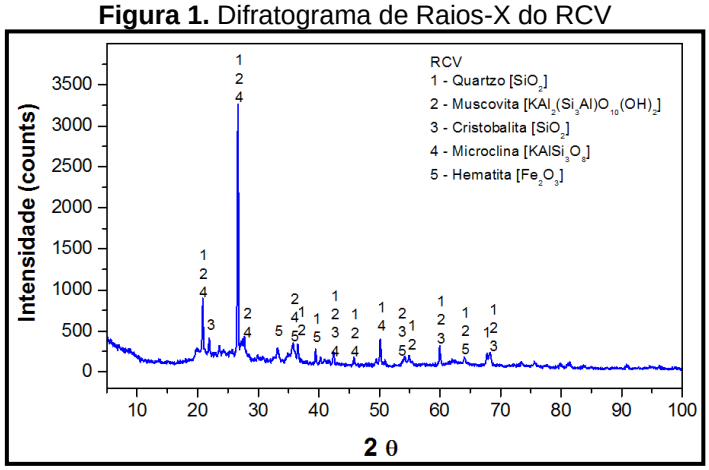
Temperatura de Queima (ºC)	Proporção (%)			
	Argila Calcinada	Clínquer	Gesso	Calcário
650, 750, 850 e 950	15	51	4	30
	25	51	4	20
	35	51	4	10

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA POZOLANA

Identifica-se através do difratograma da Figura 1, que o RCV apresentou picos cristalinos de sílica na forma de quartzo e cristobalita, assim como, picos cristalinos de microclina, moscovita (pertencente à classe dos silicatos) e hematita (responsável pela cor vermelho-alaranjado). Não há constatação de halo de amorfismo com descolamento da linha de base.

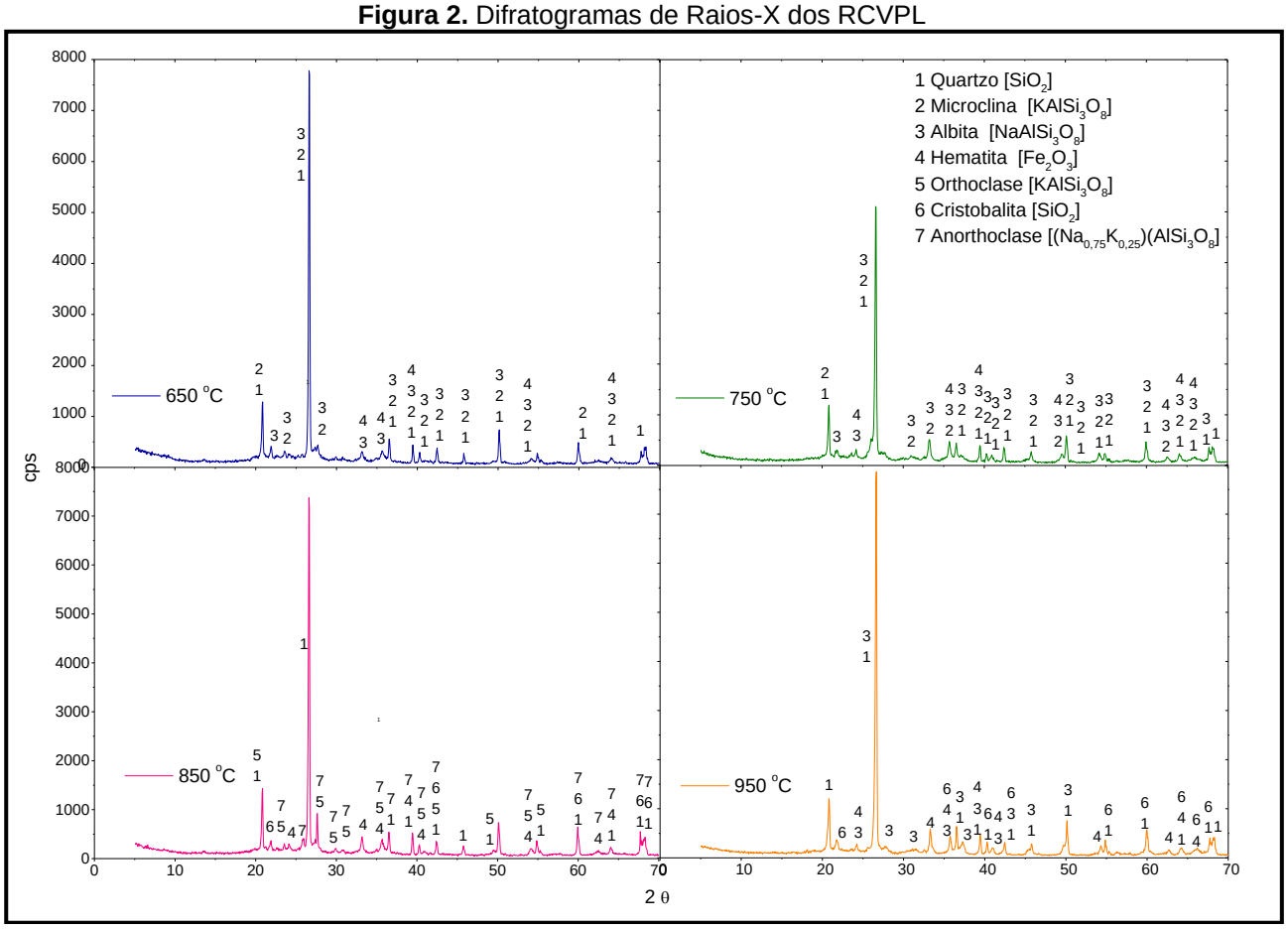
Figura 1. Difratograma de Raios-X do RCV



A Figura 2 apresenta os difratogramas dos resíduos processados no laboratório. É possível notar que nos resíduos com temperaturas de queima de 650ºC e 750ºC os picos cristalinos são nas formas de quartzo, microclina e albita (este pertencente à família dos plagioclásios alcalinos). Já para a temperatura de 850ºC percebe-se como pico cristalino a formação do mineral quartzo. Para o resíduo processado com 950ºC tem-se a presença da albita juntamente com o quartzo. É possível que com o incremento de temperatura a microclina tenha sofrido um metamorfismo e com isso a

microestrutura do resíduo tenha sido alterada, apresentando uma tendência de redução de IAP, conforme já mostrado. Os halos de amorfismo com descolamento da linha de base são qualitativamente nulos, tendo isto em vista, não existe sinal representativo de material amorfo nos resíduos considerados.

Figura 2. Difratogramas de Raios-X dos RCVPL



A Tabela 2 apresenta a composição química do RCV e do RCVPL com as 4 diferentes temperaturas de calcinação, determinada através do ensaio de FRX, por meio de análise quantitativa. Vê-se que a relação de sílica e alumina se mantém mesmo no aumento progressivo de temperatura de queima da cerâmica, embora a quantidade conjunta destas diminuam gradativamente com os acréscimos de temperatura.

Tabela 2. Caracterização química dos resíduos

Parâmetro	RCV	RCVPL650	RCVPL750	RCVPL850	RCVPL950
	Teor (%)	Teor (%)	Teor (%)	Teor (%)	Teor (%)
SiO_2	59,04	56,72	57,00	55,99	53,52
CaO	0,81	0,31	0,32	0,33	0,36
Al_20_3	18,23	17,56	17,31	17,40	16,69
MgO	0,81	0,43	0,50	0,47	0,39
Fe_2O_3	14,45	12,55	12,58	12,61	12,46
SO_3	ND	0,02	0,07	0,05	ND
Na_2O	0,50	0,1	0,1	0,53	0,55
K_2O	1,23	1,01	1,03	1,03	1,00
SrO	ND	ND	ND	ND	ND
TiO_2	2,32	0,81	0,79	0,77	0,81
P_2O_5	0,19	0,04	0,05	0,07	0,01
MnO	0,19	0,16	0,16	0,16	0,16
ZnO	ND	ND	ND	ND	ND
Cr_2O_3	ND	ND	ND	ND	ND
Perda ao Fogo	2,54	1,87	1,39	0,69	0,00

ND – Não determinado

Sabe-se que quanto maior a área superficial específica de um material pozolânico mais amorfismo esse material apresenta, visto que a nucleação das partículas é favorecida e as cadeias cristalinas são quebradas. A Tabela 3 apresenta as áreas superficiais específicas dos resíduos estudados, e a partir desta pode-se observar que o resíduo processado em laboratório teve piores resultados quando comparado com o resíduo proveniente da indústria. A área superficial específica do resíduo processado com tempertura de queima de 950º C caiu 85% em relação ao resíduo processado em 650º C, além de ser observada uma significativa queda do RCVPL com 650º C de queima em relação ao RCV, sendo 28% de decréscimo.

Tabela 3. Área superficial específica dos resíduos

Característica	RCV	RCVPL 650	RCVPL 750	RCVPL 850	RCVPL 950
Área Superficial Específica (cm^2/g)	40,463	28,752	15,710	7,263	4,312

A granulometria a laser indica redução no tamanho das partículas sob a perspectiva do incremento gradativo de temperatura no processo de calcinação do resíduo, o que é contraditório se realizada análise qualitativa em relação à área superficial específica do mesmo material, pois esperava-se que com a diminuição do tamanho das partículas a área superficial aumentaria, no entanto isso não se concretizou. Isso leva a suspeitar-se da qualidade da caracterização realizada. Podem ter ocorrido falhas no tratamento da amostra, pois não foi empregado material dispersante, nem ultrassom. A Tabela 4 apresenta os resultados de caracterização dos tamanhos das partículas dos resíduos.

Tabela 4. Tamanho das partículas dos resíduos

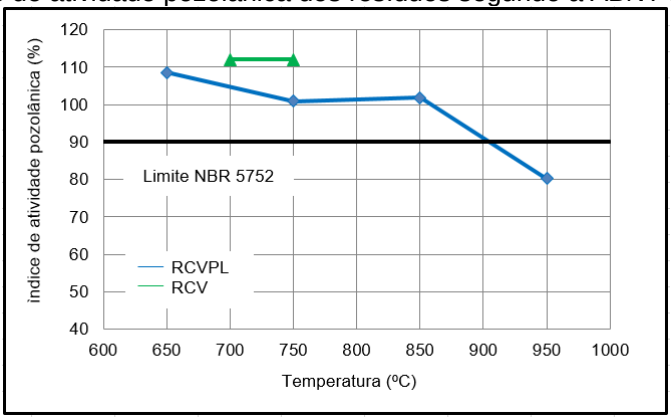
Característica	RCV	RCVPL 650	RCVPL 750	RCVPL 850	RCVPL 950
Diâmetro < 50% **(µm)**	52,43	46,99	50,15	20,41	24,67
Diâmetro médio **(µm)**	53,36	45,67	53,16	22,05	24,80

4.2 POZOLANICIDADE

O RCV é classificado como uma pozolana de classe N e observa-se, da sua composição química, que a soma de SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 de 91,72% do total, é superior à 70%, valor mínimo exigido pela ABNT NBR 12653 (ABNT, 2014) para este tipo de pozolana. Os resíduos processados em laboratório, nas 4 temperaturas, apresentaram na soma desses óxidos os valores de 86,83% para 650ºC de temperatura de queima, 86,89% para 750ºC, 86% para 850ºC e 82,67% para 950ºC, todos acima do limite exigido para esta classificação de pozolana. Além disso, o valor máximo de perda ao fogo admitido é 10%, enquanto que o valor obtido é de 2,54% para o RCV e máximo de 1,87% para os RCVPL. A Figura 3 mostra os índices de atividade pozolânica (IAP) dos resíduos avaliados, sendo que o RCV apresentou índice de atividade pozolânica de 112%, superando o limite de 90%. Percebe-se ainda, que com o aumento da temperatura de calcinação o IAP decresce, chegando a perda de 27% aos 950ºC em relação aos 650ºC.

Com base no ensaio de pozolanicidade (resultados de resistência à compressão), que consiste na substituição de 25% de cimento por material pozolânico, pode verificar que o RCV apresenta potencial para ser utilizado como material alternativo, em substituição parcial ao cimento Portland. Isso porque, superou o limite estabelecido por norma e atingiu resistência superior à amostra de referência, evidenciando seu potencial.

Figura 3. Índice de atividade pozolânica dos resíduos segundo a ABNT NBR 5752:2014

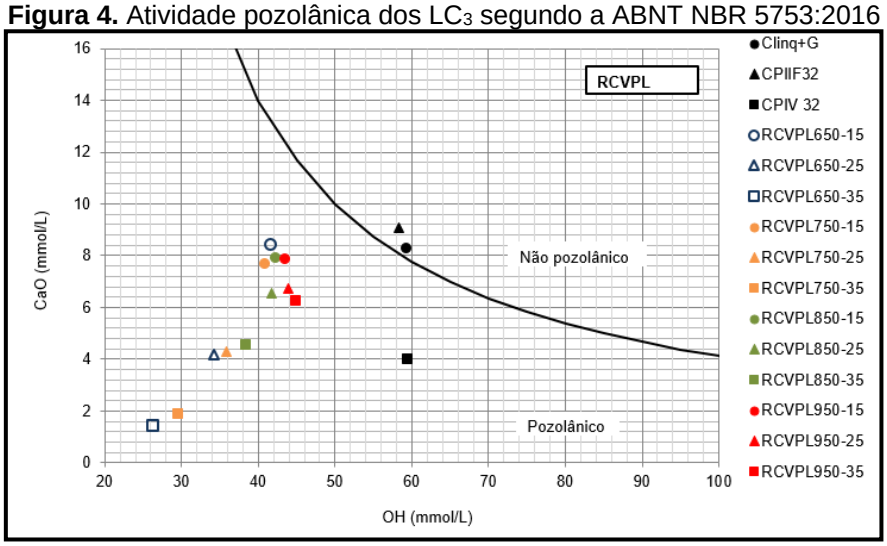


4.3 POTENCIAL POZOLÂNICO DO LC_3

A avaliação do potencial pozolânico do LC_3 pelo método de Fratini expressa um resultado pela alcalinidade total e o teor em óxido de cálcio, sendo marcado sobre o diagrama de atividade pozolânica o ponto representativo do teor em óxido de cálcio em função da alcalinidade total. O LC_3 pode ser considerado como pozolânico se o ponto estiver situado abaixo da isoterma de solubilidade. A Figura 4 apresenta o diagrama de atividade pozolânica dos LC_3 produzidos com o RCVPL, nos 3 diferentes proporcionamentos e nas 4 temperaturas de calcinação do resíduo. Mostra ainda os materiais de referência adotados. Percebe-se que nas misturas do LC_3 com menor

quantidade de argila calcinada empregada, que é de 15%, a diferença de atividade pozolânica por esse método é menos significativa entre as temperaturas de queima. Para 35% de argila calcinada na mistura, a diferença é mais representativa, visto que os pontos das distintas temperaturas estão mais distantes entre si. A partir disto também se afirma que os resíduos calcinados com 650ºC e 750ºC mostram desempenho superior sob a perspectiva de potencial pozolânico desse novo tipo de cimento, quando empregados em 35% na mistura.

Figura 4. Atividade pozolânica dos LC_3 segundo a ABNT NBR 5753:2016



5. CONCLUSÃO

A partir da composição química dos resíduos diz-se que em todas as condições de processamento da cerâmica vermelha empregadas neste trabalho os resíduos são classificados como pozolanas de classe N, segundo a ABNT NBR 12653:2014.

As áreas superficiais específicas não apresentam valores esperados, visto que o tamanho das partículas com o incremento de temperatura de calcinação diminuem e suas áreas superficiais específicas também diminuem, comportamento atípico para esta propriedade.

Sendo os resíduos processados até 850ºC de temperatura de queima, tanto na indústria quanto em laboratório, para as condições estabelecidas nesta pesquisa, o IAP é superior aos 90% exigidos. Isso mostra significativo potencial de aplicação frente à alternativa de substituição parcial do RCV por Cimento Portland.

São necessários mais estudos no que diz respeito ao LC_3, entretanto, a partir do ensaio do método de Fratini para potencial pozolânico de cimentos, esse material apresentou-se como um cimento pozolânico em todas as misturas propostas e temperaturas de calcinação deste trabalho, seguindo o CPIV 32 utilizado como referência.

Estando inserido no contexto da necessidade da redução de emissões de CO_2 provenientes da produção do Cimento Portland, tanto como substituição parcial a este cimento como na produção do LC_3, o resíduo de cerâmica vermelha apresenta-se como uma alternativa sustentável de redução do emprego do Cimento Portland no mercado da construção civil.

Tendo em vista que o objetivo do trabalho é avaliar o desempenho do RCV para a produção de cimentos de baixa emissão de CO_2, pode-se dizer que, o mesmo, apresenta potencial e resultados positivos quanto à sua utilização. Além dos aspectos técnicos positivos, o RCV apresenta benefícios ambientais e sócio-econômicos, uma vez que, se trata de um resíduo gerado pela indústria cerâmica

que não possui destinação, e também, pelo fato de, ao incorporar-se este resíduo com propriedades pozolânicas, existe a redução de consumo de cimento. Embora não tenham sido realizadas análises de emissão de CO_2 com os cimentos produzidos neste estudo, pode-se justificar a redução de CO_2 a ser observada, pelo fato da diminuição da utilização de um material nobre e nocivo ao meio ambiente, o cimento, e pela incorporação de um material de baixo impacto ambiental (RCV), inclusive dando destinação ao mesmo.

AGRADECIMENTOS
À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M. B.; SAIDUR, R.; HOSSAIN, M. S. A review on emission analysis in cement industries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 2252-2261, 2011.

AMORIM, L. V.; PEREIRA, A. S. G.; NEVES, G. de A.; FERREIRA, H. C. Reciclagem de Rejeitos de Cerâmica Vermelha e da Construção Civil para Obtenção de Aglomerantes Alternativos. **Cerâmica Industrial,** v. 5, p. 35-46, 2000.

BAHIENSE, A. V.; MANHÃES, R. T.; ALEXANDRE, J.; XAVIER, G. C.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Utilização do planejamento experimental na incorporação do resíduo da indústria cerâmica em argamassas para obtenção da capacidade de retenção de água. **Cerâmica**, São Paulo, v. 54, p. 395-403, 2008.

CHEAH, C. B.; RAMLI M. Mechanical strength, durability and drying shrinkage of structural mortar containing HCWA as partial replacement of cement. **Construction and building materials**, v. 30, p. 320-329, 2012.

CORDEIRO, G. C.; DÉSIR, J. M. Potencial de argila caulinítica de Campos dos Goytacazes, RJ, na produção de pozolana para concreto de alta resistência. **Cerâmica**, São Paulo, v. 56, p. 71-76, 2010.

GONÇALVES, J. P. **Desenvolvimento e caracterização de concretos de baixo impacto ambiental contendo argila calcinada e areia artificial**. 2005. 292 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2005.

GONÇALVES, J. P.; MOURA, W. A. Uso de resíduos sólidos como materiais de construção: uma alternativa para redução do impacto ambiental no setor da construção civil. **Diálogos & Ciência** – Revista da Rede de Ensino FCT. Ano V, n.10, 2007.

MEHTA, P. K. High performance, high-volume fly ash concrete for sustainable development. In: **Proceedings of the International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology,** p. 3-14, 2004.

PINTO, C. S. Curso básico de mecânica dos solos: em 16 aulas. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SCRIVENER, K. Options for the future of cement. **The Indian Concrete Journal**, v. 88, n. 7, p. 11-21, 2014.

261. SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS PARA REÚSO DE ÁGUA CINZA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL (HIS)

SILVA, Léa Marina[1] (leamarina.arq@gmail.com) e FRANCI GONÇALVES, Ricardo[2] (franci@npd.ufes.br)*

[1]Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Brasil
[2]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Reconhecendo a necessidade na mudança nos hábitos de consumo da água para garantir sua disponibilidade para as futuras gerações, este trabalho teve como objetivo estudar um projeto arquitetônico de habitação social para viabiliar o reúso de água cinza. Foram estudadas duas configurações de sistema de reúso de água cinza: sistema descentralizado (na escala da residência) e semi-descentralizado (que atende a um grupo de casas). O sistema de tratamento considerado é composto pela combinação em série dos seguintes processos: filtro anaeróbio, wetland vertical e desinfecção com cloro. A opção que apresentou menor custo de implantação foi o sistema semi-descentralizado, com um reservatório superior para a água de reúso, a partir do qual a água de reúso é suprida por gravidade para quatro casas.
Palavras-chave: Conservação de água; reúso de água cinza; habitações de interesse social; tratamento; sistema descentralizado.

ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR REUSE OF GREYWATER IN SOCIAL INTEREST HOUSING (SIH)

ABSTRACT
Recognizing the need to change the water consumption habits to ensure its availability for future generations, this work aimed to study an architectural social housing project to enable the reuse of gray water. Two configurations of gray water reuse system were studied: a decentralized system (at the residence scale) and a semi-decentralized system (which serves a group of houses). The treatment system considered is composed by the combination in series of the following processes: anaerobic filter, vertical wetland and disinfection with chlorine. The option that presented the lowest implementation cost was the semi-decentralized system, with a superior reservoir for the reuse water, from which the reuse water is supplied by gravity to four houses.
Keywords: water conservation, greywater reuse, social housing, treatment, decentralized system.

1. INTRODUÇÃO

Sistemas alternativos descentralizados de abastecimento de água são definidos por Cook et. al. (2009) como a coleta, tratamento e utilização da água da chuva (proveniente de telhado ou escoamento superficial), das águas cinzas e águas negras. Água cinza é a água residuárias de origem predial proveniente de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar louça e pia de cozinha (OTTOSON e STENSTRÖM, 2003); excluindo os efluentes de bacias sanitárias, o qual é considerado água negra. Esses sistemas podem ser implantados em várias escalas, desde no nível local ao nível de cluster, onde o sistema pode atender a um conjunto muito grande de edificações e cujo tratamento e distribuição são operados por uma companhia de

água (COOK et. al., 2009). É o que acontece em países como Japão e Alemanha, onde existem sistemas de grande infra-estrutura para tratamento e reúso da água (ASANO et. al., 1996). Em contrapartida, Mandak et. al. (2010) afirmam que, para regiões emergentes onde o custo com grandes obras de infra-estrutura em escala nacional não é viável, sistemas locais de reutilização de água são as opções mais funcionais. Outros pesquisadores também destacam o papel que a aceitação da comunidade exerce na implantação efetiva de sistemas alternativos de fornecimento de água (HURLIMANN e DOLNICAR, 2010). Outro fator de grande importância é o custo de implantação e manutenção desses sistemas. Muitas vezes o preço da água fornecido pelo sistema de abastecimento convencional é baixo e, nesse caso, a substituição por fontes alternativas dificilmente ocorre. FRANCI e GONÇALVES (2012) constataram que, devido ao sistema de tarifação social dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário vigentes no Brasil, é impossível o emprego economicamente viável de sistemas de reuso para populações de baixa renda no país. Frente a isso, os autores destacam a necessidade de desenvolvimento de tecnologia apropriada e de baixo custo para a produção e o aproveitamento de água de reuso em habitações de interesse social (HIS), bem como o desenvolvimento de políticas públicas compensatórias do baixo custo da água e do gerenciamento de esgoto. Tais medidas são importantes para viabilizar a prática de conservação de água e de redução de esgoto sanitário em áreas urbanas de baixa renda.

2. OBJETIVO

Este trabalho apresenta um ensaio projetual de sistemas de tratamento de água cinza para reúso não potável em HIS do Residencial Jabaeté, em Vila Velha (ES). Considerou-se que a água de reúso será utilizada em descargas sanitárias, rega de jardins e limpeza doméstica; e o tipo de tratamento utilizado no projeto é o sistema de Filtro anaeróbio (FAN) seguido de Wetland horizontal.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A representação do bairro e das configurações originais das residências do Jabaeté foi possibilitada por meio dos projetos disponibilizados e das visitas a campo (Figura 1 e 2). Todas as casas seguem um mesmo padrão, conforme um conjunto de características comuns nas habitações de interesse social no Brasil; contendo dois quartos, cozinha, sala, banheiro e área de serviço, acabamento cimentado no piso, laje somente no banheiro para a caixa de água, tubos e conexões em PVC, material sintético para a pia da cozinha e do tanque (FITTIPALDI, 2008).



Figura 7 - Foto do Residencial Jabaeté.

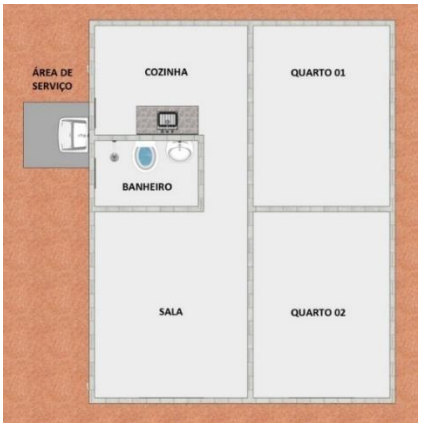


Figura 2 - Planta padrão da unidade habitacional.

A residência padrão do Residencial Jabaeté possui 39m² e é implantada em um lote de 125m². Dentro da residência, todo sistema hidráulico está concentrado na parede que separa a cozinha do banheiro, além da laje desse último cômodo - onde fica posicionada a caixa d'água. Todas as alterações propostas nessa área da casa foram padronizadas e repetem-se em todas as outras residências, independente do tipo sistema de reúso adotado.

Cálculo do Potencial de Reúso de Água Cinza - O potencial de reúso leva em consideração a quantidade de água cinza produzida e a demanda de água de reúso necessária para as atividades domésticas que possam usar esse tipo de efluente. Nesse trabalho considerou-se a demanda para atendimento do uso da bacia sanitária, limpeza de área impermeabilizada de pisos e rega de jardim. Esse cálculo foi feito com base nos dados obtidos no estudo de monitoramento diário do consumo de água em cada ponto hidráulico das habitações de interesse social do Residencial Jabaeté.

Estratégias para implantação do Reúso de Água Cinza - Foram duas opções de implantação da prática de reúso: o sistema descentralizado e o semi-descentralizado. A diferença entre os dois está na forma de captação e redistribuição da água a ser reutilizada, sendo ela individual, por unidade habitacional, no caso do descentralizado; e coletiva, reunindo um conjunto de casas, no caso do semi-descentralizado. O tipo de sistema de tratamento adotado foi um Filtro anaeróbio seguido por um wetland horizontal (Knupp, 2012).

Sistemas descentralizados – Reúso Local - Apenas o espaço físico da residência e seu lote foi considerado como área disponível para a implantação do sistema individual de reúso de água. Por meio desse dado, do sistema hidráulico padrão e das características dos moradores (número médio de pessoas por residência, consumo diário per capita médio de água, estimativa de produção de água cinza e da demanda de água de reúso para fins não potáveis pré-determinados), dimensionou-se o sistema, posicionou-se os reservatórios e as intervenções hidráulicas, entre outras ações.

Sistemas semi-descentralizados – Reúso Coletivo -No caso de sistemas que reúnem duas ou mais residências mantêm-se as modificações internas das tubulações de água também propostas no caso de sistema totalmente descentralizado, fazendo com que o projeto sofra modificações somente a partir da etapa de condução e armazenamento de água cinza produzida pelas unidades habitacionais em conjunto, o dimensionamento do sistema de tratamento coletivo e o sistema de distribuição da água tratada para reúso nas mesmas residências. Além dos critérios de comparação entre as duas alternativas desenvolvidas pela pesquisa (aceitabilidade e custo) têm-se também: complexidade operacional, área de implantação, eficiência de tratamento e impacto visual.

Dimensionamento - No cálculo de potencial de reúso, espera-se que a produção de água cinza supere a demanda por água de reúso, o que deve ser considerado no dimensionamento do sistema, prevendo tratamento para a fração correspondente à demanda por água de reúso e descarte da água cinza excedente (GONÇALVES et. al., 2006). Os volumes mínimos dos tanques do FAN e do Wetland são calculados segundo a Equação 1:

$$V = Q(AR) \times TDH \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:
V = Volume mínimo do reator (FAN ou Wetland) (m^3);
Q(AR) = Vazão da água de reúso a ser tratada (m^3/dia);
TDH = Tempo de Detenção Hidráulica (FAN ou Wetland) (dias).

Foram usados os TDHs de 1 dia para o FAN (CEHOP, s/ data) e 2 dias para o wetland (Wood, 1995). Calculados os volumes mínimos, determinam-se as áreas mínimas das bases dos tanques (Equação 2), cujos cálculos partem das medidas das alturas úteis dos mesmos. Para o FAN, a NBR

13969/97 limita essa altura em 1,20m. A altura adotada foi de 1,00m (ABNT, 1997). Para o wetland, adotou-se 0,60m (WOOD, 1995).

A = V / H (útil) Equação 2
Onde:
A = Área mínima da base do reator (FAN ou Wetland) (m²);
V = Volume mínimo do reator (FAN ou Wetland) (m³);
H (útil) = Altura útil do reator (FAN ou Wetland) (m).

O valor área mínima da base do reator possibilita a determinação do comprimento e da largura dessa base (Equação 3). Por uma questão de projeto, tais dimensões podem ser aproximadas a valores que facilitem a execução dos tanques, respeitando, no entanto, o valor mínimo para a base, respeitando assim o valor mínimo do volume do tanque.

A = C X L Equação 3
Onde:
A = Área da base do reator (FAN ou Wetland) (m²);
C = Comprimento da base (m);
L = Largura da base (m).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As alterações no sistema hidrossanitário originalmente previsto para a HIS são concentram-se basicamente no sistema de esgotamento de água cinza ,para viabilizar sua coleta segregada, e no sistema de reservação e distribuição de água de reúso (Projeto original → figuras 7 e 8; Proposta de projeto para o reúso → figuras 8 e 9).

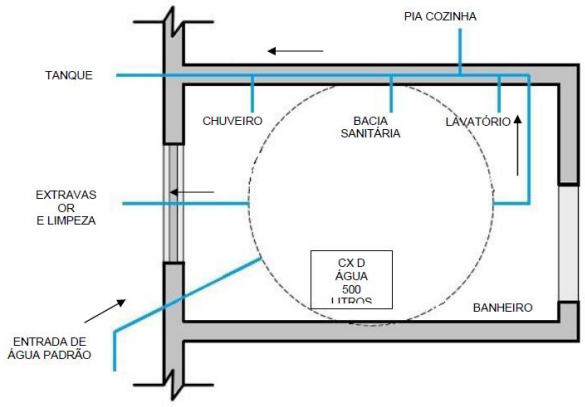


Figura 3 - Planta do projeto hidráulico – original

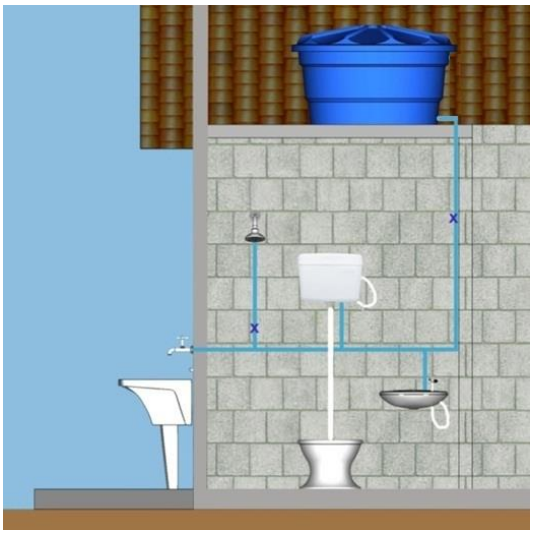


Figura 4- Corte indicando tubulações originais

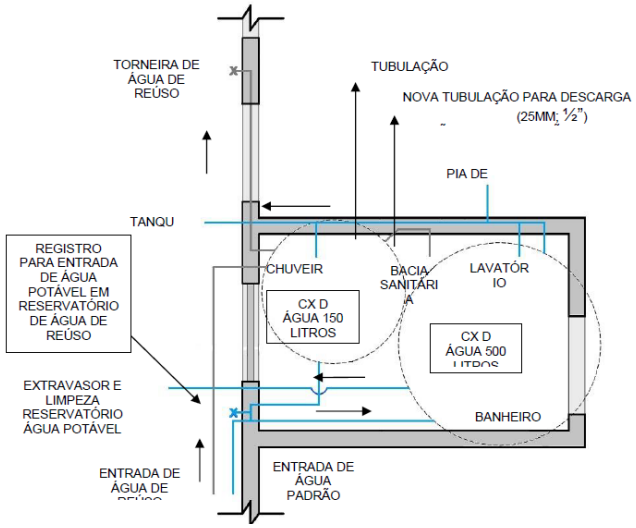


Figura 5 - Planta do projeto hidráulico – modificações propostas

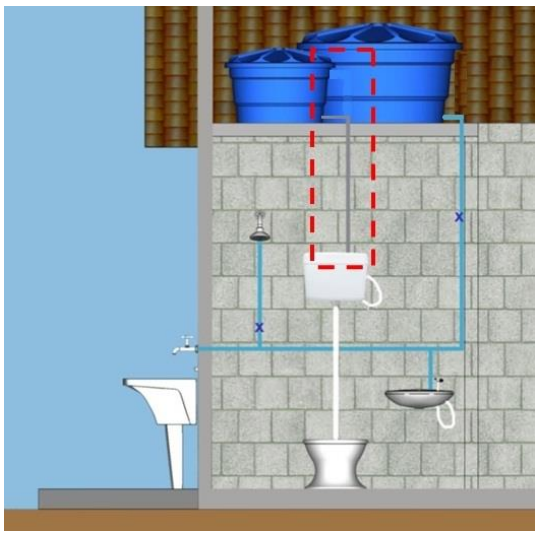


Figura 6 - Corte indicando tubulações modificadas

As alterações do projeto do sistema de esgotamento sanitário podem ser observadas comparativamente nas figuras 10 (original) e 11 (proposta).

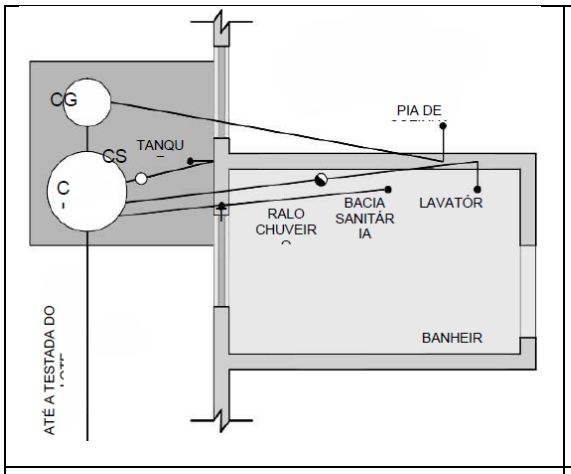


Figura 7 - Planta original do projeto de esgoto

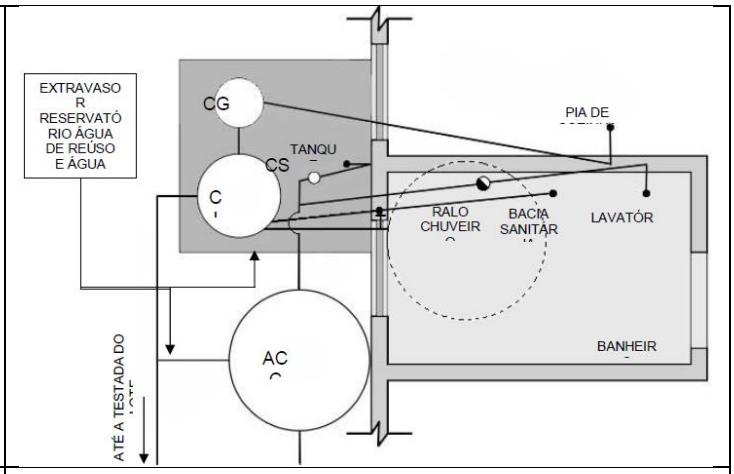


Figura 8 - Planta do projeto de esgoto modificada para reúso de água cinza.

Conforme os dados obtidos no estudo do consumo de água em HIS realizado, foram determinados índices de produção de água cinza e demanda por água de reúso em cada atividade doméstica (Tabela 1). Os valores do potencial de reúso para o dimensionamento da estação de tratamento de água cinza (ETAC) a ser implantada nessas residências encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Setorização do consumo de água nas HIS do Residencial Jabaeté

Dados		**(L/dia)**
Média do consumo per capita de água		79
HIS com 5 moradores (nº médio de moradores)		395
Usos	**% consumo residencial**	**HIS com 5 moradores (L/dia)**
Chuveiro	13	51,3
Lavatório	8	31,6
Tanque	9	35,5
Máquina de lavar roupa	32	126,4
Descarga sanitária	10	39,5
Pia de Cozinha	20	79
Rega jardim / lavagem piso	8	31,6

O valor de consumo setorizado de água para rega de jardim e limpeza de piso é diferente do valor apresentado para a demanda de água de reúso para esse mesmo fim. Partiu-se do princípio que, visando a economia de água, os moradores consomem menos que a média apontada pela literatura. No entanto, como o consumo nessas atividades será servido por água de reúso e o uso da mesma não acarretará custos extras, foram utilizados os dados da literatura para calcular a demanda para essa atividade, o qual leva em consideração a metragem de jardim e de área impermeabilizada externa na edificação estudada (Tabela 3).

Tabela 3 - Determinação do Potencial de Reúso das HIS do Residencial Jabaeté

Produção de água cinza (L/dia)		**Demanda de água de reúso (L/dia)**	
Chuveiro	51,3	Descarga sanitária	39,5
Lavatório	31,6	Perda (+10%)	3,9
Tanque	35,5	Rega jardim / lavagem piso	92,3
Máquina de lavar roupa	126,4		
Total	**245**	**Total**	**136**

Tabela 4 - Cálculo da demanda de água de reúso para rega de jardim e limpeza de piso

Uso	**Volume (L/m²)**	**usos / semana**	**L/dia.m²**	**Áreas HIS (m²)**	**Sub-total (L/dia)**	**Referência**
Lavagem de piso	4	2	1,14	75,8	86,63	PROSAB (2006)
Rega de jardim	2	2	0,57	10	5,71	PROSAB (2006)

Logo, estima-se que a quantidade de água cinza produzida diariamente nas habitações estudadas seja, em média, de *245 litros*, enquanto a demanda de água cinza seja de *136 litros* (Tabela 2).

ETAC do Sistema Descentralizado – Reúso Local - O sistema para reúso local foi dimensionado considerando uma capacidade de armazenamento de água de reúso para aproximadamente dois dias, o que define o volume dos reservatórios (tabela 4). Foram adotados como tempos de detenção hidráulica do Filtro Anaeróbio e do Wetland horizontal os tempos de 1 e 2 dias, respectivamente.

Tabela 5 - Dimensões da ETAC – Sistema Descentralizado

	Altura útil	Volume mínimo	Área mínima da base	Dimensões da base	Volume final	Tempo de detenção
Filtro Anaeróbio	1,0 m	0,14 m³	0,14 m²	0,25m x 0,60m	0,15 m³	1 dia
Wetland horizontal	0,60 m	0,27 m³	0,45 m²	0,90m x 0,60m	0,32 m³	2 dias
Reservatório inferior	0,60 m	0,16 m³	0,27 m²	0,50m x 0,60m	0,18 m³	-

No reservatório inferior ocorre a etapa de desinfecção da água tratada por meio da colocação de pastilhas de cloro em um clorador flutuante. Os reservatórios foram dimensionados conforme metodologia proposta por Botelho et al. (2006), que determina a capacidade de 60% da água a ser armazenada no reservatório inferior e 40% no reservatório superior. Logo, além do reservatório inferior, o sistema também conta com um reservatório superior de 150 litros, localizado sobre a laje do banheiro, de onde sairá a água de reúso para o abastecimento da caixa de descarga e da torneira de água de reúso para rega de jardim e lavagem de piso (Figuras 9 e 10). A ETAC foi projetada em fibra de vidro e em apenas um módulo reúne as duas etapas de tratamento e o reservatório inferior. A água é bombeada do reservatório inferior para o superior por meio de bombas específicas, cuja alimentação por energia solar contribui para uma maior viabilidade econômica do sistema por meio da não utilização de energia elétrica convencional.



Figura 9 - Corte da ETAC



Figuras 10 - Fachada com a ETAC

Sistema Semi-descentralizado – Reúso Coletivo → Para a configuração de sistema semi-descentralizado de tratamento de água cinza são propostos dois projetos, que diferem entre si apenas na forma de distribuição da água tratada para as HIS. Ambos tiveram suas ETACS dimensionadas de acordo com o dimensionamento da ETAC do sistema descentralizado, considerando apenas a diferença de que ao invés de servir a uma única HIS, essa configuração agrupa a demanda por água de reúso de 4 HIS. Logo, os valores dessa demanda foram simplesmente multiplicados por 4 (Tabela 5).

Tabela 6. Dimensões da ETAC – Sistema Semi-Descentralizado

	Altura útil	Volume mínimo	Área mínima da base	Dimensões da base	Volume final	Tempo de detenção
Filtro Anaeróbio	1,0 m	0,54 m³	0,54 m²	1,00m x 0,60m	0,6 m³	1 dia
Wetland horizontal	0,60 m	1,09 m³	1,82 m²	3,25m x 0,60m	1,17 m³	2 dias

Essas ETACs foram projetadas em módulos, e se constituem em um filtro anaeróbio e quatro tanques de wetlands horizontais, os quais totalizam o volume dado pelos cálculos do dimensionamento apresentado pela Tabela 35. Novamente o material utilizado no projeto é a fibra de vidro. A cloração também se dá pela aplicação de cloro em cloradores flutuantes e o bombeamento, também por meio de bombas movidas à energia solar. O primeiro projeto, no entanto, não possui reservatório superior, existindo apenas um grande reservatório inferior e os reservatórios superiores de cada HIS servida pela ETAC. Ou seja, o bombeamento de água é feito diretamente do reservatório inferior para cada reservatório superior de cada HIS. Para isso, é necessária uma bomba para cada casa (Figuras 11 e 12). O segundo, em contrapartida, possui reservatório superior, necessitando de um reservatório inferior menor e de apenas uma bomba para fazer o bombeamento entre ele e o outro reservatório (Figuras 16 e 17). Nesse caso, a água é distribuída para as HIS por gravidade. Ambos foram planejados visando à criação de áreas de permanência no bairro como forma de aproveitamento dos canteiros cultivados dos wetlands. Para isso, a estrutura de reservatório inferior e de bombeamento foram associadas à implantação de deques de madeira (que faz a segurança do reservatório inferior e das bombas, possibilitando a visita para manutenção periódica) e de cobertura (onde foram posicionadas as placas fotovoltaicas do sistema de bombeamento movido à energia solar).

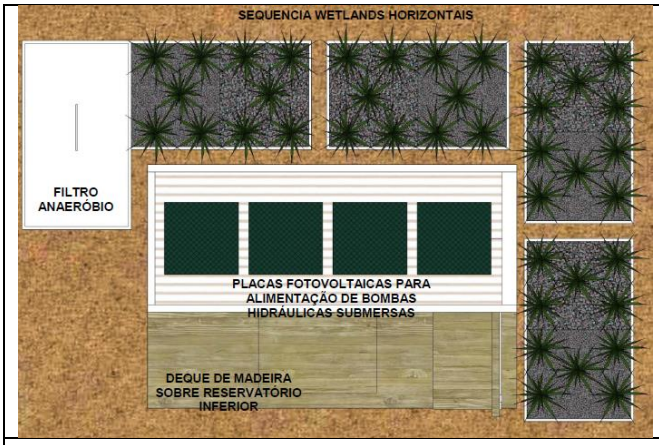


Figura 11 - ETAC do sistema semi-descentralizado sem reservatório superior

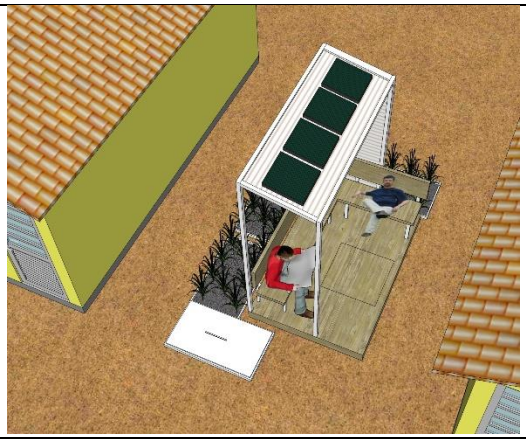


Figura 12 - Planta da ETAC do sistema semi-descentralizado sem reservatório

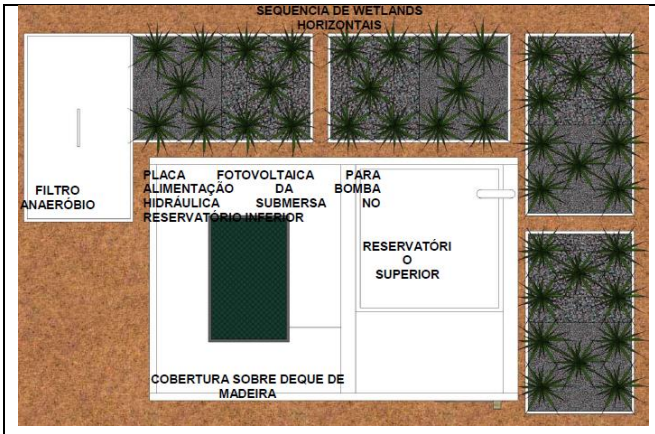


Figura 13 - Planta da ETAC do sistema semi-descentralizado com reservatório superior

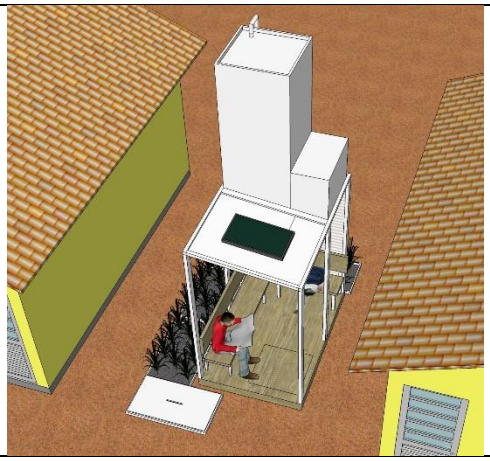


Figura 14 - ETAC do sistema semi-descentralizado com reservatório superior

Foram realizadas estimativas de custos de materiais e serviços para a implantação das três configurações de sistemas de reúso de água cinza apresentadas, utilizando os dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) de Junho de 2012. O resultados apontaram que o sistema semi-descentralizado de reúso de água cinza, com reservatório superior comum, é a opção de menor custo de implantação, sendo aproximadamente 112% mais barato que o sistema descentralizado para 4 residências e 39% que o sistema semi-descentralizado provido de bombeamento direto entre o reservatório inferior e os reservatórios superiores das HIS por ele servidas. Esse dado, no entanto, não necessariamente conclui qual sistema é mais indicado para ser implantado, já que questões como aceitabilidade dos moradores, manutenção e aspectos visuais também são fatores que interferem na escolha adequada de sistemas desse tipo.

5. CONCLUSÕES

- Pequenas alterações no sistema hidrossanitário das residências podem atender às necessidades do sistema de tratamento e reúso de águas cinza. Verificou-se a existência de espaço disponível para a instalação da ETAC, que pode ser facilmente implantada na área externa das residências;
- Estimou-se que a quantidade de água cinza produzida diariamente nas habitações estudadas é de, em média, de 245 litros, enquanto a demanda de água cinza é de 136 litros;
- Foram projetadas ETACs em fibra de vidro com três diferentes configurações: uma para reúso local por meio de sistema descentralizados e duas para o reúso coletivo de 4 HIS promovido por sistemas semi-descentralizados, que diferem entre si pelo tipo de armazenamento e distribuição final da água de reúso;
- A opção que apresentou menor custo de implantação foi o sistema semi-descentralizado com reservatório superior para água de reúso, que promove a distribuição final da água por gravidade;
- Existe a necessidade de mais estudos referentes à aceitabilidade dos usuários aos sistemas de reúso de água cinza, incluindo o ponto de vista dos mesmo em relação às possíveis configurações de sistemas apresentadas pela pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. ABNT: Rio de Janeiro, 1997.

ASANO, T.; MAEDA, M.; TAKAKI, M.; Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples. Water Science and Technology. Vol. 34, n 11, pp. 219-226, 1996.

BOTELHO, M. H. C. Instalações hidráulicas Prediais: Usando Tubos de PVC e PPR. In.: BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO, G. A. J. 2 Edição revista e ampliada. Edgard Blucher. São Paulo, 2006.

COOK, S., TJANDRAATMADJA, G., HO, A., SHARMA, A., 2009. Definition of Decentralised Systems in the South East Queensland Context. Water for a Healthy Country National Research Flagship. Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 12. Disponível em: <http://www.urbanwateralliance.org.au/publications.html> Acesso em 18 de Janeiro de 2009.

FITTIPALDI, M. Habitação social e arquitetura sustentável em Ilhéus/BA. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Ambiental e Meio Ambiente). Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, 2008.

FRANCI, T. K.; GONÇALVES, R. F. Reúso de águas cinzas em edificações: uma solução tecnológica ainda economicamente inviável para habitações de interesse social. In.: Conferência Latino-Americana em Saneamento Sustentável, 2, 2012, Vitória. Anais... UFES, Vitória, 2012.

GONÇALVES, R. F.; BAZZARELLA, B. B.; PETERS, M. R.; PHILLIPPI L. S. Gerenciamento de Águas Cinzas. In.: GONÇALVES, R. F. (Coord.). PROSAB. / ABES. Rio de Janeiro, 2006.

HURLIMANN, A.; DOLNICAR, S.; When public opposition defeats alternative water projects - the case of Toowoomba Australia. Water Res. 44, 287-297. 2010.

KNUPP, A. M.; SARNAGLIA, S. A. A.; GONÇALVES, R. F. “Wetlands” como pós-tratamento de água cinza visando à produção de água para reúso predial. In.: Conferência Latino-Americana em Saneamento Sustentável, 2, 2012, Vitória. Anais... UFES, Vitória, 2012.

OTTOSON, J.; STENSTRÖM, T. A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. Water Research, v. 37, p. 645-655, 2003.

WOOD, A. Constructed wetlands in water pollution control: Fundamentals to their understanding. Water Science and Technology, v. 32, n. 3, p. 21-29, 1995.

263. OPORTUNIDADE DE SEQUESTRO DE CARBONO PELO EMPREGO DE AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO CARBONATADO

KAUTZMANN, Vanessa Oerle[1](ok_vanessa_ok@yahoo.com.br); HENTGES, Tatiane Isabel[*1] (tatiisabel@yahoo.com.br); KULAKOWSKI, Marlova Piva[1](marlovak@unisinos.br)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
A demanda por cimento é crescente, observando-se um aumento na produção mundial de 85%, entre 2005 e 2015. As emissões associadas a essa produção correspondem em torno de 5% da geração mundial de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2). Uma parte dessas emissões é originada da queima de combustíveis fósseis para atingir a temperatura de clinquerização, e o restante é liberado na etapa de descarbonificação do calcário, principal matéria prima do cimento. Levando-se em consideração que o concreto é o segundo material mais consumido mundialmente, sem perspectivas de retrocesso, e que contém em média 12% de cimento, surge a necessidade de se discutir mais detalhadamente formas de minimizar o impacto de sua produção e emprego e, assim, contribuir para melhorar a sua sustentabilidade. Por isso, ao longo dos últimos anos, pesquisadores têm dedicado mais atenção ao balanço entre geração de CO_2 pelo cimento e o sequestro dessa emissão pelo concreto, abordando um ciclo de vida mais amplo. Esses estudos avaliam oportunidades de sequestro de carbono, que vão desde a carbonatação de argamassas e concretos durante sua vida útil, onde somente a superfície de exposição é carbonatada, até a reciclagem sob a forma de agregado reciclado de concreto beneficiado por carbonatação. Ao cominuir o resíduo de materiais a base de cimento, na forma de agregado, e submetê-lo à carbonatação, aumenta-se a superfície de exposição e, com isto, maiores volumes de CO_2 do meio ambiente podem ser sequestrados. Assim, este trabalho tem como objetivo discutir o potencial de sequestro de carbono no beneficiamento de agregados reciclados de concreto por meio da carbonatação, e a consequente contribuição para a melhoria da sua sustentabilidade pela redução do impacto ambiental.
Palavras-chave: Sequestro de carbono; Agregado Reciclado de Concreto; Carbonatação

OPPORTUNITY OF CARBON SEQUESTERED BY THE USE OF RECYCLED AGGREGATE OF CARBONATED CONCRETE

ABSTRACT
Cement demand is rising, with an increase in global production of 85% between 2005 and 2015. Emissions associated with this production account for around 5% of the global generation of greenhouse gases, such as carbon dioxide (CO_2). A portion of these emissions originates from the burning of fossil fuels to reach the clinkerization temperature, and the rest is released at the stage of decarbonisation of limestone, the main raw material for cement. Taking into account that concrete is the second most consumed material worldwide, with no prospect of recession, and that it contains about 12% of cement, there is a need to discuss, in detail, ways to minimize the impact of its production and application, and thereby contribute to improving its sustainability. Therefore, over the last few years, researchers have devoted more attention to the balance between CO_2 generation by cement and the sequestration of this emission by concrete, approaching a broader life cycle. These studies assess opportunities for carbon sequestration, ranging from the carbonation of mortars and

concretes during their life cycle, where only the surface of exposure is carbonated, to recycling as a recycled aggregate of carbonated concrete. By grinding the residue of cement-based materials in the form of aggregate and submit it to carbonation, the exposure surface is increased and so, higher CO_2 volumes of the environment can be sequestered. Thus, this work aims to discuss the potential of carbon sequestration in the processing of recycled aggregates of concrete through carbonation, and the consequent contribution to the improvement of its sustainability by reducing the environmental impact.
Keywords: Carbon Sequestration**;** Recycled Concrete Aggregate; Carbonation

1. INTRODUÇÃO

A indústria do cimento apresenta uma das maiores gerações de gases de efeito estufa, com destaque para a liberação de dióxido de carbono (CO_2). Ao mesmo tempo, esta é uma das indústrias que mais cresce em todo o mundo. Só no Brasil, segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2016), no período de janeiro a novembro de 2016, foram consumidas 52,9 milhões de toneladas de cimento.

Sob este contexto, pesquisadores de vários países vêm buscando alternativas para a minimização do impacto que a construção civil provoca no meio ambiente. Uma das propostas, que vem sendo aprimorada nos últimos anos, é a reciclagem de resíduos de concreto provenientes de diversas fontes de geração. Esta ação por si só já representa um melhor aproveitamento do cimento como matéria-prima (BEHERA et al., 2014; TENÓRIO et al., 2012; GÜNEYISI et al., 2016).

Entretanto, a porosidade do agregado reciclado de concreto resulta em uma maior absorção de água, quando comparado aos agregados convencionais, e este é um aspecto desfavorável, já que esta absorção pode representar a captura da água de amassamento do concreto no qual se está inserindo o ARC (JOSEPH et al., 2015). Este efeito leva ao aumento da demanda de água, e a relação água/cimento, a fim de promover a manutenção da trabalhabilidade desejada, o que pode trazer como resultado um concreto com resistência e durabilidade reduzidas. A fim de evitar estes prejuízos, vem a necessidade de aumentar o consumo de cimento para manter a relação água/cimento.

Desta forma, com o avanço das pesquisas, vêm-se buscando formas de mitigar os efeitos da porosidade do ARC para viabilizar o seu emprego em misturas de concreto sem prejuízo das propriedades (KATZ, 2004; PADOVAN, 2013; SALAS et al., 2013; SANTOS, 2016). Entre essas alternativas, destaca-se o uso da carbonatação como meio de tratamento do agregado. A carbonatação destes resíduos teria como função, portanto, a redução da porosidade do ARC e, consequentemente, a redução da absorção de água pelo preenchimento dos poros com os produtos da reação.

Com a perspectiva de viabilizar o uso de agregados reciclados por meio do beneficiamento por carbonatação, é conveniente promover a reflexão sobre os benefícios que advêm desta questão técnica. Assim, este trabalho tem como objetivo discutir o potencial de sequestro de carbono no beneficiamento de agregados reciclados de concreto por meio da carbonatação, e a consequente contribuição para a melhoria da sua sustentabilidade pela redução do impacto ambiental.

Para isso, serão utilizados dois modelos matemáticos que levam em consideração a composição química do cimento utilizado na fabricação de concretos com características determinadas de acordo com o perfil de consumo da região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Emprego de Agregado Reciclado de Concreto (ARC)

O uso mais comum, até o momento, para o resíduo de concreto, como agregado, é na área de infraestrutura de transportes como base e sub-base de pavimentação, apresentando comportamento favorável a este tipo de estrutura e possibilitando, inclusive, a redução de espessura de tais camadas (WBCSD, 2009).

Apesar disso, pesquisas vêm sendo desenvolvidas para estudar o emprego deste resíduo como agregado reciclado em novas misturas de concretos e os resultados apontam para uma perda de trabalhabilidade devido à alta porosidade, característica do ARC, que acarreta na absorção da água de amassamento (BEHERA et al., 2014). Há, ainda, outras características que podem influenciar esses efeitos, como a ordem de mistura, que pode provocar alterações na relação água/cimento do concreto (BONIFAZI et al., 2015). Sendo assim, o produto final pode apresentar grandes variações em questões de resistência e durabilidade, principalmente quando se emprega a compensação da água para alcance de abatimento (WERLE, 2011; PADOVAN, 2013). O efeito negativo da elevada porosidade também foi constatado em estudos com misturas quentes de asfalto, onde o emprego de ARC demandava maior qualidade do material betuminoso (RUDUS, 2000).

No estado endurecido, estudos mostram que o emprego de ARC em concreto impacta na durabilidade do concreto, apresentando desempenho inferior quanto maior for a taxa de substituição (WERLE, 2010; GONÇALVES, 2012). No entanto, Yehia et al. (2015) relatam que, em taxas moderadas (cerca de 30%) de substituição, a presença de ARC não altera significativamente os resultados de resistência à compressão, propriedade que está diretamente relacionada à porosidade do material.

Apesar disso, a normatização brasileira ainda permite o uso de agregados reciclados de concreto apenas em pavimentações e concretos sem função estrutural e, para que estes possam ser utilizados, devem apresentar taxa de absorção máxima de água de 7% e 12% para agregado graúdo e miúdo, respectivamente segundo a NBR 15116 (ABNT, 2004).

2.2 Carbonatação do concreto

A carbonatação é um processo que ocorre naturalmente, em concretos endurecidos expostos ao ambiente, através da reação entre o gás carbônico presente na atmosfera com os produtos de hidratação presentes nos poros do concreto, principalmente o hidróxido de cálcio (MEHTA; MONTEIRO, 2015). O principal produto dessa reação é a precipitação de carbonato de cálcio, alterando o caráter altamente alcalino do concreto, reduzindo valores de pH na ordem de 13 para um valor próximo de 9 (SANTOS, 2015).

Além disso, ocorre o preenchimento dos poros da estrutura causado pela maior massa molar do $CaCO_3$. Esse preenchimento de poros pode trazer benefícios e aumentar a dureza superficial do concreto (CHI et al., 2002), e a diminuição da porosidade pode diminuir a absorção de água (XUAN et al. 2016).

Paralelamente aos estudos de carbonatação no estado endurecido, pesquisadores vêm analisando a técnica de cura inicial através da carbonatação acelerada. Este procedimento se diferencia da carbonatação do concreto em estado endurecido, por conta dos compostos envolvidos nas reações, dos produtos resultantes e do método de troca do gás carbônico com a matriz cimentícia. No processo de cura por carbonatação, ocorre reação com os componentes ainda não hidratados do cimento como o silicato tricálcico e o silicato dicálcico (KASHEF-HAGHIGHI, SHAO, GHOSHAL, 2015). Enquanto na carbonatação no estado endurecido, a reação depende da difusão do CO_2 através da porosidade do concreto, e da sua dissolução na solução aquosa dos poros para que

então haja a reação com o produto final da hidratação, que também deve estar solubilizado na solução aquosa.

A carbonatação durante o período de cura já foi aplicada em concretos com diferentes teores de substituição de agregado natural por agregado reciclado de concreto, com o objetivo de melhorar as características deste concreto, que pode apresentar queda de desempenho, se comparado ao mesmo, com agregados naturais, por consequência de fatores descritos anteriormente (ZHAN, POON, SHI, 2013).

A mesma técnica de cura, na presença de dióxido de carbono, vem sendo utilizada, também, em concretos comuns, neste caso com o objetivo de capturar CO_2 numa forma de compensação por conta da fabricação do cimento, tornando o uso deste concreto mais sustentável. Em paralelo a essas tentativas de sequestro de carbono, descobriu-se que este tipo de cura tem demonstrado potencial de melhoria de ainda outras características do concreto, como ganho de resistência inicial à compressão e diminuição da retração por secagem (BAOJIAN; CHISUN; CAIJUN, 2013). Bertos et al. (2004), também perceberam melhorias e concluíram que três minutos de cura acelerada com carbonatação se equiparam a 12 horas de cura convencional.

2.3 Parâmetros que influenciam na carbonatação

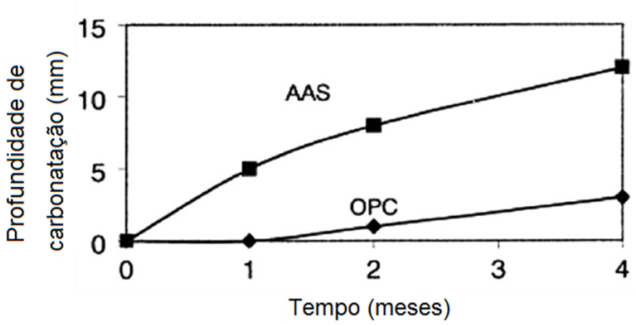
Existem diferentes fatores que influenciam na eficiência e velocidade de carbonatação do concreto. Tais fatores podem ser de natureza ambiental ou relativos ao concreto.

Quanto às condições ambientais, a que mais interfere no processo de carbonatação é a umidade. Pauletti; Possan e Dal Molin (2007) demonstram que o teor de umidade mais empregado nos ensaios de carbonatação é de 70%, o que permite a dissolução dos componentes da reação e ao mesmo tempo permite o acesso do CO_2 aos poros do concreto. Com relação aos efeitos da temperatura, as velocidades das reações de carbonatação não variam significativamente num intervalo entre 20 e 40 °C, Papadakis; Vayena e Fardis (1992), embora as reações tendam a acontecer de forma mais rápida quanto maior for a temperatura.

Dos parâmetros relacionados ao concreto, destacam-se a porosidade, a técnica de cura utilizada, tipo de cimento e adições minerais empregadas. A qualidade da cura e a composição do concreto são fatores que estão diretamente relacionados com a formação e a distribuição de poros. Thiery et al. (2007) afirma que quanto maior a porosidade, mais rápido será o avanço da frente de carbonatação.

Em relação ao tipo de cimento utilizado no concreto, sabe-se que a composição química do mesmo tem implicação sobre a eficiência do processo de carbonatação. Segundo Possan (2016) concretos produzidos com CP V (sem adições) tendem a uma maior resistência à carbonatação, quando comparados com concretos com teores altos de adição. Na Figura 8 é possível ver que o aumento da profundidade de carbonatação em concretos com escória é consideravelmente maior quando comparado ao concreto composto por Cimento Portland Comum. Essa influência também pode ser observada em outros compostos usados como Materiais Cimentícios Suplementares (SCM). A Tabela 7 indica o efeito das adições mais comuns no Brasil, levando em consideração a proporção na mistura.

Figura 8 **– Comparação de profundidade de carbonatação: Adição de Escória Álcali Ativada (AAS) X Cimento Portland Comum (OPC)**



Fonte: Adaptado de ASHRAF (2016)

Tabela 7 – **Efeitos da adição de Materiais Cimentícios Suplementares**

Tipo de MCS	Influência na Resistência à Carbonatação	Proporção
Cinza volante	Diminuição	10 - 70%
Escória de alto-forno	Diminuição	0 - 85%
Sílica Ativa	Diminuição	0 – 20%
	Aumento	5 – 10%

Fonte: Adaptado de ASHRAF (2016)

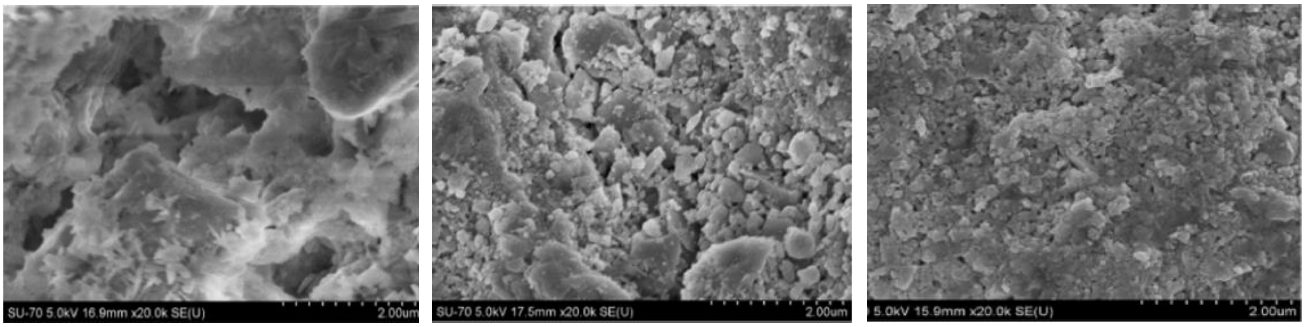
2.4 Beneficiamento do ARC por carbonatação

De acordo com Gonçalves (2001), as características físicas de um concreto, como densidade e estabilidade dimensional, estão diretamente e mais intensamente relacionadas às propriedades físicas de seu agregado graúdo, tais como volume, formato do grão, porosidade, distribuição granulométrica. Por este motivo, a fase-agregado representa uma grande influência na qualidade do concreto gerado, podendo indicar as propriedades que o concreto irá apresentar, baseando-se no perfil de agregado utilizado.

Sabendo-se do efeito de preenchimento de poros que a carbonatação causa no concreto, essa reação pode ser empregada como forma de diminuição da porosidade dos agregados reciclados de concreto, diminuindo a absorção de água e mitigando os efeitos do uso de um agregado muito poroso. A redução no volume de vazios de um concreto carbonatado pode chegar a aproximadamente 12%, aumentando sua densidade e, assim, melhorando suas características de permeabilidade (CUI et al., 2015). Na Figura 9 é possível ver imagens de amostras de concreto não carbonatadas e carbonatadas de modo artificial em diferentes teores de concentração de CO_2 por 7 dias.

Tendo isto em vista, pesquisadores têm usado métodos de carbonatação induzidos em laboratório, a fim de acelerar este processo em ARCs que, de forma natural, pode levar anos para alcançar uma profundidade de carbonatação significativa. Uma maneira bem-sucedida é a colocação destes agregados em uma câmara fechada, com injeção de Dióxido de Carbono.

Figura 9 **– Imagens de amostras de concreto (a) não carbonatadas, (b) carbonatadas a 10% e (c) carbonatadas a 20% por 7 dias**



(a) (b) (c)

Fonte: CUI etal., 2015

2.5 Sequestro de gás carbônico

El-Hassan e Shao (2014) demonstraram grande potencial de sequestro de CO_2 pela cura acelerada de blocos de concreto através da carbonatação. Em um bloco de 15 kg, com 13% de cimento (em massa), foi registrada a captura de 0,47 kg de CO_2, o que representaria 24% da massa do cimento empregado.

Segundo Rostami et al. (2012), uma maneira de estimar a quantidade de CO_2, quando realizada a cura em câmaras fechadas, é comparar a massa da amostra antes da carbonatação e depois da carbonatação, levando em consideração a água liberada na reação, como mostra a Equação 1.

$$CO_2 \text{capturado } (\%) = \frac{(\text{Massa}_{DC} + \text{Perda de Água}) - \text{Massa}_{AC}}{\text{Massa}_{CIMENTO}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: $Massa_{DC}$ é a Massa depois da carbonatação; $Massa_{AC}$ é a Massa antes da carbonatação.

Ao longo das últimas décadas, pesquisadores desenvolveram modelos matemáticos que procuram estimar quantidades de CO_2 a serem adsorvidas pelo concreto por meio do processo de carbonatação, considerando diversos fatores.

Diversos trabalhos também buscaram estimar profundidades de carbonatação em concretos, apresentando equações muitas vezes complexas, por levarem em consideração inúmeros fatores, e difíceis de serem aplicadas na prática. O foco destes, entretanto, se tratava da manifestação patológica relacionada à corrosão de armadura.

Neste trabalho destacam-se duas equações que buscam mensurar a quantidade de CO2 capturada do ambiente por estruturas de concreto. Estas equações têm como base a composição química do cimento.

A Equação 2 apresenta o modelo matemático desenvolvido por Steinour (1959, apud ASHRAF, 2016) para estimar o teor máximo de CO_2 que pode ser capturado por carbonatação. O autor coloca que esse potencial está diretamente relacionado ao tipo de cimento e, com isso, ao teor de óxidos como CaO, SO_3, MgO, Na_2O, e K_2O.

$$CO_2\ (\%\ \text{máx}) = 0{,}785\ (CaO - 0{,}7SO_3) + 1{,}091MgO + 1{,}420Na_2O + 0{,}935K_2O \quad \text{(Equação 2)}$$

Já Pade e Guimaraes (2007), apresentam a Equação 3 como forma de estimar a quantidade de CO_2 potencialmente capturado de forma natural ao longo de 100 anos. Nesta equação, os pesquisadores consideram apenas o óxido de cálcio como elemento predominante para a reação de carbonatação.

$$CO_2 \text{capturado} = 0{,}75 * C * CaO * (M)CO_2 / (M)CaO \qquad \text{(Equação 3)}$$

Onde: *C* é Massa de cimento em gramas por m³ de concreto; CaO é Massa de CaO presente no clínquer (%); (M) CO_2 é Massa molar do dióxido de carbono, em gramas; (M) CaO é Massa molar do óxido de cálcio, em gramas.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para a determinação dos teores de gás carbônico potencialmente capturados pelo concreto, algumas etapas foram adotadas com base em estudos vistos na bibliografia. As etapas foram:
1ª Etapa - Verificação da resistência característica e tipo de cimento usado em estruturas de até 50 anos, com potencial para geração de agregados reciclados;
2ª Etapa - Considerar os efeitos da carbonatação no perfil de concreto estudado;
3ª Etapa - Aplicar os dados nas diferentes propostas de equações de captura de CO_2.
4ª Etapa - Analisar os valores obtidos, verificando se há potencial de sequestro de carbono.

3.1 Parâmetros Adotados

Para a estimativa da quantidade de dióxido de carbono que possivelmente é absorvida pelo ARC, foram adotados alguns critérios decisivos das características dos concretos analisados por este trabalho.
A Tabela 8 apresenta os requisitos mínimos de concretos estruturais exigidos pela NBR 6118 (ABNT, 2014). A partir disso, foi adotada, neste trabalho, a Classe de Agressividade Moderada (II), comum em grandes centros metropolitanos. Dessa forma, o concreto considerado como origem de resíduo gerador do ARC, tem como relação água/aglomerante 0,60, classe de resistência C25 e consumo mínimo de cimento de 280 kg/m³. Estabelecendo-se tais dados como padrão, mantêm-se as características de dosagem do agregado a ser carbonatado, tendo seus aspectos físicos influenciados pelo tipo de cimento adotado e adições empregadas.
Adotou-se, para o cálculo do potencial de consumo de CO_2, dois tipos de cimento pozolânicos: CP IV (Cimento Portland Pozolânico), por possuir maior teor de adições entre os cimentos disponíveis no mercado da região, e CP II Z 32 (Cimento Portland Composto por Pozolana), por ser muito empregado ao longo dos últimos anos na região Sul do Brasil.

Tabela 8 **– Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto**

Concreto	Classe de Agressividade			
	I	II	III	IV
Relação água/ aglomerante em massa	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
Classe do Concreto (NBR 8953)	≤ C20	≤ C25	≤ C30	≤ C40
Consumo de cimento por m³ de concreto [kg/m³]	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

Fonte: Adaptada de NBR 6118(ABNT, 2014).

Na Tabela 3 são apresentadas as composições químicas dos dois cimentos escolhidos para análise: CP II Z 32 e CP IV 32. A quantidade de cada óxido é necessária para os cálculos de captura de

dióxido de carbono. Estes valores são média de cimentos fornecido por um fabricante ao longo de 2 anos na região sul.

Tabela 3 – Composição química do CP II-Z e do CP IV

Parâmetro	Resultados	
	CP II-Z-32	CP IV-32
$Al2O_3$ (%)	6,28	9,63
SiO_2 (%)	22,14	28,97
Fe_2O_3 (%)	3,11	3,9
CaO (%)	54,78	45,31
MgO (%)	3,72	3,04
SO_3 (%)	2,54	2,24
Perda ao Fogo (%)	5,3	3,55
CaO Livre (%)	0,55	0,56
Resíduo Insolúvel (%)	11,06	25,53
Equivalente Alcalino (%)	0,87	1,19

Fonte: Adaptado de Itambé (2016)

Os valores de emissões de CO_2 por tonelada de agregado são apresentados na Tabela 4, que mostra a massa de CO_2 gerada por m³ de agregado, este proveniente de 1 m³ de concreto, cada qual constituído de um tipo de cimento. Considerou-se o teor de clínquer que constitui cada tipo de cimento, a partir do resultado de Resíduo Insolúvel, que permite estimar o teor de material pozolânico de cada amostra. Não foi levado em consideração o teor de adições carbonáticas, devido à falta de dados que permitissem tal determinação. A massa de CO_2 emitida por tonelada de clínquer foi estimada em 840 kg. (MATOS, 2015).

Tabela 4 – Emissões de CO_2 de acordo com teor de clínquer do concreto

	R.I. (%)[a]	Poz (%)[b]	Clínquer (%)	CO_2 / ton. cimento (kg)	CO_2 / m³ concreto (kg)[b]
CP II Z	11,06	11,06	88,94	747,1	209,19
CP IV	25,53	25,53	74,47	625,55	175

[a] Resíduo Insolúvel tomado como estimativa do teor de material pozolânico; [b] consumo de cimento de 280 kg/m³

Fonte: Elaborada pelo autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação de ambas as equações para captura de dióxido de carbono, foram obtidos valores próximos de massa de CO_2, com potencial de adsorção de acordo com cada cimento. É importante ressaltar a consideração de que a produção de 1 m³ de concreto irá gerar 1 m³ de agregado, com mesmo consumo de cimento (280 kg/m³), e que, portanto, a massa de CO_2 gerada por metro cúbico de concreto será compensada pela massa de CO_2 sequestrada pelo m³ de agregado.

Para a situação simulada com uso de cimento CP II Z 32, as quantidades de dióxido de carbono que podem ser adsorvidas de acordo com Equação 2 e Equação 3 são apresentadas na tabela 5.

Os resultados de captura de CO_2 considerando o uso de CP IV 32 pela Equação 2 e Equação 3 estão presentes na tabela 6. Na Tabela 7, a síntese dos resultados.

Tabela 5 – Resultados das equações de sequestro de carbono em concretos com CP II Z

Situação	Equação	MCO_2 pot.seq. (kg)[a]	MCO_2/m^3 de agregado (kg)[b]	Massa CO_2 sequestrado (%)
A	2	127,9	209,19	61,14
B	3	90,3	209,19	43,17

[a] Massa de CO_2 potencialmente sequestrada/ m^3 de agregado; [b] Massa de CO_2 gerada por m^3 de agregado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 6 – Resultados das equações de sequestro de carbono em concretos com CP IV

Situação	Equação	MCO_2 pot.seq (kg)	MCO_2/m^3 de agregado (kg)	Massa CO_2 sequestrado (%)
C	2	105,4	175	60,23
D	3	74,69	175	42,68

[a] Massa de CO_2 potencialmente sequestrada/ m^3 de agregado; [b] Massa de CO_2 gerada por m^3 de agregado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 7 – Síntese dos Resultados

Tipo de Cimento	Equação	Capacidade captura CO_2 / CO_2 gerado, em massa (%)
CP II Z 32	(2) Steinour (1959)	61,14 %
	(3) Pade e Guimaraes (2007)	43,17 %
CP IV 32	(2) Steinour (1959)	60,23 %
	(3) Pade e Guimaraes (2007)	42,68 %

Fonte: Elaborada pelo autor.

5. CONCLUSÃO

A partir dos valores potenciais de sequestro de CO_2 pelos agregados reciclados de concreto e com base em estudos anteriores, a carbonatação se mostra como uma alternativa sustentável para a compensação dos impactos ambientais causados pela construção civil. O método de cura inicial com injeção de CO_2 também se mostrou eficaz nessa questão. Além disso, como mostra a bibliografia apresentada, estes agregados podem ser posteriormente utilizados como camadas de pavimentação e como agregados em concretos sem função estrutural. Em ambas as situações, os agregados reciclados carbonatados passam a apresentar melhor desempenho se comparados aos agregados não carbonatados. Em relação ao tipo de cimento, ambos apresentaram valores que demonstram potencial de um sequestro de carbono substancial, na faixa que varia de 50% a 60% da massa de CO_2 gerada. Conclui-se que a carbonatação acelerada e a natural, tanto no estado endurecido como no estado fresco, além de promover melhorias em propriedades físicas do concreto, pode ser considerada como um processo de sequestro de carbono, modificando o balanço de emissões de gases do efeito estufa na produção de cimento. Sugere-se a partir deste estudo, a realização de ensaios práticos, na tentativa de comprovar a eficácia das equações como método de estimar quantidades de sequestro de carbono.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CAPES e ao CNPq pelas bolsas de mestrado e iniciação científica, bem como pelo auxílio a pesquisa do edital Edital MCT/CNPq Nº 014/2010.

REFERÊNCIAS

ASHRAF, W. Carbonation of cement-based materials: Challenges and opportunities. **Construction and Building Materials**, v. 120, p. 558-570, setembro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578:** Cimento Portland Composto – Especificação. Elaboração 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos - Elaboração 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5736:** Cimento Portland Pozolânico – Especificação. Elaboração 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – Elaboração 2014.

BAOJIAN, Z.; CHISUN, P.; CAIJUN, S. CO_2 curing for improving the properties of concrete blocks containing recycled aggregates. **Cement & Concrete Composites**, n. 42, p. 1-8, 2013.

BEHERA, M.; BHATTACHARYYA, S. K.; MINOCHA, A. K.; DEOLIYA, R.; MAITI, S. Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete – A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. **Construction and Building Materials**, n. 68, p. 501-516, 2014.

BERTOS, M. F.; SIMONS, S. J. R.; HILLS, C. D.; CAREY, P. J. A review of accelerated carbonation technology in the treatment of cement-based materials and sequestration of CO_2. **Journal of Hazardous Materials**, v. 112, n. 3, p. 193-205, Agosto de 2004.

BONIFAZI, G; CAPOBIANCO, G; SERRANTI, S.; EGGIMANN M; WAGNER, E; MAIO, DI, F; LOTFID, S. The ITZ in concrete with natural and recycled aggregates: Study of microstructures based on image and SEM analysis. In: 15th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials. **Proceedings…** 2015, Delft, The Netherlands.

CHI, J. M.; HUANG, R.; YANG, C. C. Effects of carbonation on mechanical properties and durability of concrete using accelerated testing methods. **Journal of Marina Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 14-20, 2002.

CUI, H.; TANG W.; LIU, W.; DONG Z.; XING F. Experimental study on effects of CO_2 concentrations on concrete carbonation and diffusion mechanisms. **Construction and Building Materials**, n. 93, p. 522-527, 2015.

EL-HASSAN, H.; SHAO, Y. Carbon storage through concrete block carbonation curing. **Journal of Clean Energy Technologies**, v. 2, n. 3, 2014.

GONÇALVES, M.; CAVALHEIRO, A.; KULAKOWSKI, M.; KAZMIERCZAK, C. S. Evaluation of concrete made with coarse recycled aggregate from precast concrete. In: WASCON 2012 Conference proceedings. **Proceedings…** Iscowa, 2012.

GONÇALVES, R. D. C. **Agregados reciclados de resíduos de concreto – Um novo material para dosagens estruturais.** São Carlos, 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 132p. São Paulo, 2001.

GÜNEYISI, E.; GESOGLU, M.; ALGIN, Z.; YAZICI, H. Rheological and fresh properties of self-compacting concretes containing coarse and fine recycled concrete aggregates**. Construction and Building Materials**, n. 113, p. 622-630, 2016.

JOSEPH, M.; SIERENS, Z.; BOEHME, L.; VANDERWALLE, L. Water absorption variability of recycled concrete aggregates. **Magazine of Concrete Research**, v. 67, n. 11, p. 592-597, 2015.

KASHEF-HAGHIGHI, S.; SHAO, Y., GHOSHAL, S. Mathematical modeling of CO_2 uptake by concrete during accelerated carbonation curing. **Cement and Concrete Research**, v. 67, p. 1-10, janeiro de 2015.

KATZ, A. Treatments for the improvement of recycled aggregate. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 16, n. 6, dezembro de 2004.

MATOS, L. W. Análise dos métodos de redução de emissão de co_2 em uma indústria de cimento. In.: XI Congresso Nacional De Excelência Em Gestão. **Anais...**, agosto de 2015.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete - Microstructure, Properties and Materials**. 4th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015. 657 p. (livro eletrônico).

PADE, C.; GUIMARAES, M. The CO_2 uptake of concrete in a 100 year perspective. **Cement and Concrete Research,** v. 37, n. 9, p. 1348-1356, setembro de 2007.

PADOVAN, R. G. **Influência da pré-molhagem nas propriedades de concretos produzidos com agregado reciclado de concreto**. Tese (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.

PAPADAKIS, V. G.; FARDIS, M. N.; VAYENAS, C.G. Hydration and carbonation of pozzolanic cements. **Materials Journal**, v. 89, n. 2, p. 119-130, janeiro de 1992.

PAULETTI, C.; POSSAN, E.; DAL MOLIN, D. C. C. Carbonatação acelerada estado da arte das pesquisas no brasil. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 4, p. 07-20, out./dez. 2007.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. 2010. Tese de doutorado (Doutorado em engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2016.

ROSTAMI, V.; SHAO, Y.; BOYD, A.J.; HE, Z. Microstructure of cement paste subject to early carbonation curing**. Cement and Concrete Research**, v. 42, n. 1, p. 186-193, janeiro de 2012.

RUDUS, L. Use reclaimed concrete pavement structures. **Design Manual and Construction Specifications**, p. 7, 2000.

SALAS, A.; BRAND, A. S.; ROESLER, J. R.; ARBOLEDA, C.; LANGE, D. A**. Properties of Recycled Concrete Aggregates for Airfield Rigid Pavements.** Technical Report Documentation Page. Center of Excellence for Airport Technology (CEAT). Department of Civil and Environmental Engineering. University of Illinois. Urbana, IL. 2013.

SANTOS, W. F. **Tratamento superficial dos agregados reciclados de RCD com hidrofugantes.** 2016. 166 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia e Construção Civil. São Paulo, 2016.

SNIC, 2016. **Resultados Preliminares de Novembro de 2016.** Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdfresultado/Resultados%20Preliminares%20Novembro%202016.pdf>. Acesso em 24 dez. 2016.

STEINOUR, H.H. Some effects of carbon dioxide on mortars and concrete-discussion. **Journal of American Concrete Institute**, 1959.

TENÓRIO, J.J. L.; GOMES, P. C. C.; RODRIGUES, C. C.; ALENCAR, T. F. F. Concrete produced with recycled aggregates. **Ibracon Structures and Materials Journal**, v. 5, n. 5, p. 692-701, oct. 2012;

THIERY, M.; VILLAIN, G.; DANGLA, P.; PLATRET, G. Investigation of the carbonation front shape on cementitious materials: Effects of the chemical kinetics. **Cement and Concrete Research**, West Lafayette , n. 37, p. 1047-1058, 2007.

WBCSD - WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **The Cement Sustainability Initiative**. Recycling Concrete. 2009

WERLE, A.P. **Determinação de propriedades de concretos com agregados reciclados de concreto, com ênfase na carbonatação**. Dissertação de mestrado – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2010.

XUAN, D.; ZHAN, B.; POON, C.S. Assessment of mechanical properties of concrete incorporating carbonated recycled concrete aggregates. **Cement and Concrete Composites**, v.65, n. 1, p. 67–74.

YEHIA, S.; HELAL, K.; ABUSHARKH, A.; ZAHER, A.; ISTAITIYEH, H. Strenght and durability evaluation of recycled aggregate concrete. **International Journal of Concrete Structures and Materials**, v. 9, n. 2, p. 219-239, Junho de 2015.

ZHAN, B.; POON, C.; SHI, C. CO2 curing for improving the properties of concrete blocks containing recycled aggregates. **Cement and Concrete Composites**, v. 42, p. 1-8, setembro de 2013.

276. ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO ESCOLAR SUSTENTÁVEL NO MUNICÍPIO DE RECIFE-PE

PEIXOTO, Carolina*[1](carolvpeixoto@gmail.com); PEREIRA, Amanda[1] (amanda.peixoto.poli@gmail.com); FUCALE, Stela[1](sfucale@poli.br); SELVA, Pedro[2] (phmselva@gmail.com)
[1]Universidade de Pernambuco (UPE), Brasil
[2]Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O setor da construção civil é um amplo consumidor dos recursos naturais, além de gerar uma grande quantidade de resíduos, que geralmente é descartada de maneira irregular, podendo provocar uma série de custos ambientais e econômicos. Este estudo tem como objetivo analisar a gestão de resíduos da primeira obra sustentável no setor educacional na cidade do Recife. O projeto do Edifício Urbano Vitalino fez uso de diversos componentes sustentáveis, resultando na redução da quantidade de resíduos gerados. Ainda na fundação, o solo excedente foi empregado como aterro para viabilizar uma área de estacionamento. A estrutura do edifício compreende vigas e pilares de aço galvanizado além de lajes do tipo steel deck, que são elementos da construção modular, capazes de minimizar o desperdício de matéria-prima e tempo. Parte da fachada foi produzida com placas de ACM (chapas de alumínio composto) parafusadas, facilitando um possível desmonte futuro. Na separação de ambientes, foi utilizado drywall, reduzindo a quantidade de resíduos em relação ao uso de blocos cerâmicos. A metodologia aplicada consiste na análise dos materiais empregados, comparando a geração de resíduos dos métodos utilizados em relação ao método de construção convencional. Foi realizado um estudo dos resíduos gerados mensalmente, possibilitando a verificação da geração de acordo com a fase da obra, classificando a fase de acabamento como a de maior impacto. A quantidade total de resíduos gerados pela edificação foi de 178.364,72 kg, resultando em um indicador sustentável de geração estabelecido em 46,78 kg/m², comparando-se tal valor com o indicador convencional de geração de resíduos, observa-se que o último é aproximadamente três vezes maior. Tal resultado se deve, principalmente, à cautela na escolha dos materiais, com menores perdas, menor necessidade de recortes e padronização de medidas.
Palavras-chave: Construção Sustentável, Gestão de Resíduos da Construção Civil, Materiais de Construção Sustentáveis.

WASTE GENERATION ANALYSIS DURING THE CONSTRUCTION OF A SUSTAINABLE SCHOOL IN RECIFE-PE

ABSTRACT
The construction industry is a major consumer of natural resources, and it also produces a large amount of waste, which is often irregularly disposed, causing a series of environmental and economic costs. This study aims to analyze a waste management of the first sustainable work in the educational sector in the city of Recife. The building Urbano Vitalino had a project that included several sustainable components, resulting in the waste generation reduction. Regarding the foundation, the surplus soil was used as landfill to make a parking area viable. The structure of the building comprises galvanized steel beams and pillars as well as steel deck slabs, which are

elements of modular construction, capable of minimizing waste of raw material and time. The building's external cladding consisted in part of ACM (aluminum composite material) panels, facilitating a possible future dismantling. For the classrooms separation, drywall was used, reducing the quantity of residue when related to the use of ceramic blocks. The applied methodology consists on the analysis of the materials used, comparing it's waste generation in relation to the conventional construction method. A monthly residue generation study was conducted, allowing to verify the generation according to the construction phase, which classified the finishing phase as the one with highest impact. The total amount of waste generated by the construction was 178,364.72 kg, resulting in a residue generation indicator determined at 46.78 kg / m², that can be compared to the conventional indicator of waste generation, showing that the last is approximately three times higher. This result is mainly due to the caution when choosing materials with lower losses, standardization of measures and less need for cuts.
Keywords: Sustainable Construction; Construction Waste Management; Sustainable Construction Materials.

1. INTRODUÇÃO

As construções sustentáveis devem ser concebidas e planejadas a partir de diversas premissas. Dentre elas, existe a escolha de materiais ambientalmente corretos, de origem certificada e com baixas emissões de CO2; a menor geração de resíduos; o cumprimento das normas, em especial, as de desempenho; a preocupação com os recursos naturais no que abrange o menor uso de áreas de vegetação; além de uma menor demanda de energia e água, possibilitando o amplo reaproveitamento em todo o ciclo de vida da edificação (CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2008).

O setor da construção civil deve buscar a sustentabilidade, estimulando os profissionais a reverem todo o processo de produção dos edifícios e sua inserção nas cidades. Cada vez mais, é abordada a necessidade de se desenvolver projetos sustentáveis, poupadores de energia e de recursos naturais (FERREIRA, 2006).

Diante desta necessidade de adaptação no modo de projetar, a Prefeitura do Recife vem estimulando a construção de empreendimentos sustentáveis, visando diminuir o impacto ambiental e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na cidade. Para tanto vai certificar as construções que adotarem medidas sustentáveis por meio de um selo verde, denominado "Selo de Sustentabilidade Ambiental".

É de se ressaltar que a busca pela sustentabilidade não deve abranger apenas as construções residenciais e comerciais, que são de fato a grande maioria, mas também o setor educacional. Fucale et al. (2016) afirma que é de fundamental importância a implementação de escolas sustentáveis para que as próximas gerações possam usufruir dos recursos naturais e perpetuar o conhecimento sobre a sustentabilidade. Inclusive, estudos mostram que alunos de escolas sustentáveis tiveram 25% de redução de sintomas de asma, 15% de redução de resfriados e gripes, e 3% de aumento em aprendizagem, produtividade e desempenho (KATS, 2006).

Sendo assim, a edificação em estudo surge como um exemplo de boas práticas e iniciativas sustentáveis. Como mostrado na figura 1, o edifício Urbano Vitalino, fez uso de diversos elementos sustentáveis, tais como: telhado verde, painéis fotovoltaicos, brises, sistema de reaproveitamento de água da chuva e revestimentos e equipamentos eficientes (ar condicionados, lâmpadas LED, torneiras, entre outros). Além de apresentar reduções no consumo de água e energia, na geração de resíduos e na emissão de gases do efeito estufa (PEIXOTO et al, 2016). Desta forma, submeteu-

se ao Programa de Sustentabilidade Ambiental mencionado previamente, e deve conquistar o selo diamante, sendo este o mais alto nível de sustentabilidade imposto pela prefeitura.

Figura 1. Alguns elementos sustentáveis da edificação em estudo



2. OBJETIVO

Este trabalho tem o intuito de incentivar o uso de elementos e iniciativas sustentáveis que viabilizam uma redução na quantidade total de Resíduos da Construção Civil (RCC) gerados pelas obras. Além de verificar o percentual de redução na geração de resíduos se comparado às edificações construídas por métodos convencionais, indicando o montante produzido mensalmente e por etapa de construção. Sem deixar de mencionar, a identificação dos elementos que influenciaram positivamente na redução de resíduos da edificação em estudo.

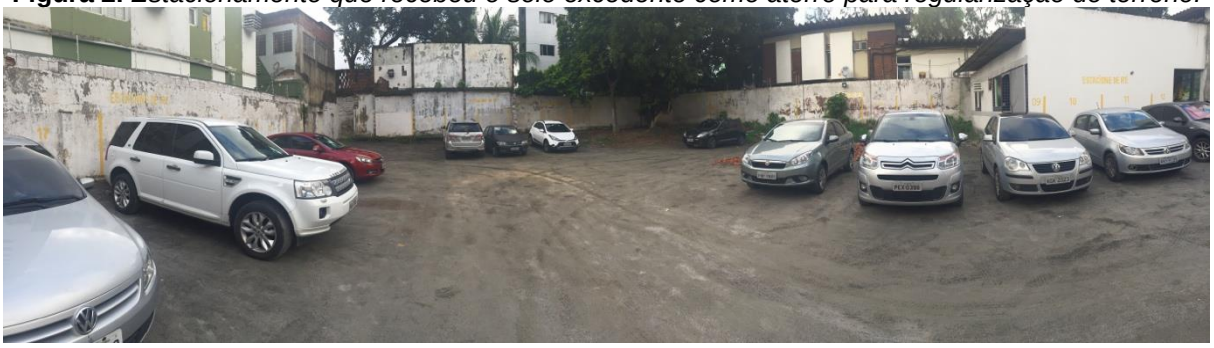
3. INICIATIVAS QUE INFLUENCIARAM NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Como mencionado anteriormente, nesta edificação são encontrados diversos elementos sustentáveis, no entanto, alguns deles tiveram impacto direto na geração de resíduos. O uso de certos elementos diferenciados de fachada e vedação, por exemplo, provocou efeitos positivos na geração de resíduos, demonstrando-se uma atenuação na curva representativa dos volumes produzidos ao longo dos meses de construção.

3.1 Fundação

A fundação foi do tipo hélice contínua, e gerou 24m^3 de solo excedente na forma de resíduo resultante desta atividade. Este material foi reutilizado em um terreno anexo como aterro para viabilizar uma área de estacionamento para o colégio, como pode ser verificado na Figura 2.

Figura 2. *Estacionamento que recebeu o solo excedente como aterro para regularização do terreno.*



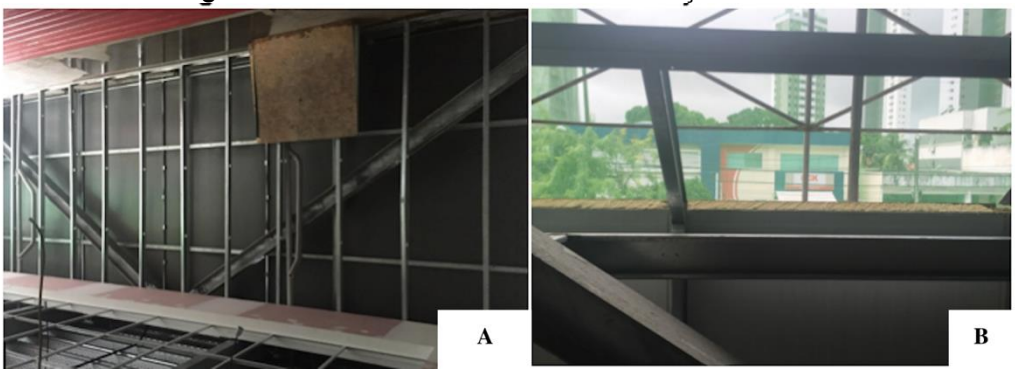
3.2 Elementos de fachada

Parte da fachada do colégio foi composta de placas de ACM (chapas de alumínio composto) parafusadas, como pode ser observado na Figura 3a. A iniciativa de utilizar diversas estruturas instaladas através de parafusos faz com que estes itens se tornem facilmente reutilizáveis, impedindo que as peças se danifiquem em caso de desmonte, e facilitando uma posterior instalação em outro local, se assim for desejado.

Segundo estudo realizado com 6 empresas que realizam instalação de painéis ACM, 67% delas estimaram que as perdas ficam entre 10 e 15%, e o principal motivo causador de perdas são os projetos mal elaborados, que não fazem compatibilização adequada entre as medidas da fachada e as medidas comerciais dos painéis (GOUVEIA 2012). Na edificação estudada, houve a preocupação de fazer com que o projeto seguisse uma paginação a fim de evitar tais perdas, sendo assim, estima-se que a perda neste caso tenha sido menor que 10%. Em obras convencionais na cidade de Recife, um material normalmente usado para revestimento externo é a cerâmica, no entanto, Melo (2014) aponta que uma característica marcante do serviço de aplicação de material cerâmico é o alto índice de perda, que pode se dar até mesmo durante o armazenamento do material.

Outro elemento utilizado na fachada do edifício foi o painel isoeste, identificado na Figura 3b, composto de duas camadas de aço contendo um núcleo isolante feito de espuma de poliuretano, que fornece isolamento térmico e acústico. Este material foi instalado através de encaixe com auxílio de moldura metálica para sustentação, e também poderá ser desmontado e reutilizado posteriormente caso necessário.

Figura 3. Elementos de fachada da edificação estudada



A – vista do interior da edificação com placas de ACM em evidência; B – painel isoeste em evidência.

3.3 Estrutura metálica

O projeto do colégio contempla vigas e pilares de aço galvanizados a fogo, instalados através de parafusos, como observado na Figura 4a. Esta alternativa gera uma menor quantidade de resíduos em relação à estrutura de concreto armado moldada in loco, por dispensar a necessidade de atividades que produzem muito resíduo, como montagem e desmonte de fôrmas e concretagens.

As lajes do edifício são do tipo steel deck, como mostrado na Figura 4b, sendo assim, dispensam a necessidade de fôrma e também, escoramento. Verifica-se ainda uma redução no uso de concreto, devido a sua geometria, e também de aço, já que a mesma dispensa a armação positiva, requisitando apenas uma armação de composição composta de tela soldada.

Figura 4. Estrutura metálica da edificação estudada



A – vigas e pilares de aço galvanizado em evidência; B – laje do tipo steel deck sendo concretada

3.4 Drywall

O uso de drywall para vedação e separação de ambientes é uma alternativa que reduz significativamente a quantidade de resíduos gerados quando comparada à utilização de blocos cerâmicos para o mesmo fim. Tal afirmativa se dá devido à menor necessidade de recortes, por se tratar de um material composto de duas placas de gesso de 12,5 mm de espessura e uma camada interna composta de OSB (painel de tiras de madeira orientadas), como pode ser observado na Figura 5.

Houve ainda um ganho de produtividade devido ao uso de drywall, pois o tempo de execução é aproximadamente quatro vezes menor do que no sistema de alvenaria (FERREIRA, 2009). Segundo o cronograma de construção da edificação, a etapa de instalação das paredes durou 40 dias, portanto, caso o método de construção utilizado fosse o de alvenaria com blocos cerâmicos esta etapa duraria em torno de 160 dias.

Segundo a Associação Brasileira do Drywall (2015), esta alternativa gera uma quantidade de entulho de cerca de 5% de seu peso (contra 30% da alvenaria convencional), o que facilita sua coleta e seu transporte. Além disso, seus resíduos, notadamente os restos de chapas e de perfis estruturais de aço, podem ser totalmente reciclados.

Figura 5. Drywall, com suas placas de gesso e OSB, em destaque



3.5 Piso

A utilização de cerâmicas e porcelanatos para revestimento de pisos gera uma grande quantidade de resíduos mesmo sendo realizada com paginação, pois ainda assim requer que as peças sejam cortadas para encaixe em determinadas medidas, podendo inutilizar o restante da peça, que muitas vezes se quebra até mesmo durante o corte. Houve ainda uma preocupação com relação ao CO_2 gerado tanto na produção quanto no transporte destas peças. Sendo assim, a estratégia selecionada pelos projetistas para tornar a edificação mais sustentável foi a de utilizar o piso do tipo concreto polido, como mostrado na Figura 6.

Figura 6. Piso de concreto polido em destaque



3.6 Gestão de resíduos na obra

Durante as primeiras fases da obra, houve segregação de alguns tipos de resíduos dentro do canteiro de obras, como ilustrado na Figura 7a, sendo a madeira um dos materiais depositados em baias, pois poderia haver reuso na obra deste material. Por questões de falta de espaço físico, após a etapa de estrutura, os resíduos de concreto, areia, plástico, metal, cerâmica, entre outros, eram depositados em caçambas estacionárias localizadas no exterior da obra, como mostrado na Figura 7b. Sendo assim, outras fontes geradoras podem ter depositado seus rejeitos neste local, fazendo com que houvesse aumento na produção de resíduos da obra. Além disso, o RCC da obra poderia ter sido destinado para usinas de reciclagem caso houvesse uma devida segregação, no entanto, foi levado a um aterro sanitário como entulho, sendo esta alternativa menos sustentável e menos econômica. Sendo assim, estas atitudes provocaram impactos negativos sobre a geração dos resíduos.

Figura 7. Ilustrações a respeito da gestão de resíduos da edificação estudada



A – baias de separação dos resíduos em evidência; B – caçamba estacionária localizada no exterior do canteiro de obras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Geração total de resíduos de construção da edificação estudada

A quantidade total de resíduos gerada pela obra foi de 178.364,72 kg, este dado foi obtido a partir dos relatórios fornecidos pela empresa responsável pela coleta e disposição final do RCC da obra. Levando em consideração a área de construção da edificação (3.813,10 m^2), composta pela área

construída acrescida da área de coberta, a massa de resíduos por m² fica estabelecida em 46,78 kg/m². Comparando-se com o índice de resíduos verificado em Gusmão (2009) por m² de área de construção de obras convencionais, que é de 150 kg/m², é possível observar na Tabela 1 que um empreendimento convencional possuiria uma quantidade de resíduos total, aproximadamente, 3 vezes maior.

Tabela 1. Comparativo dos índices de resíduo.

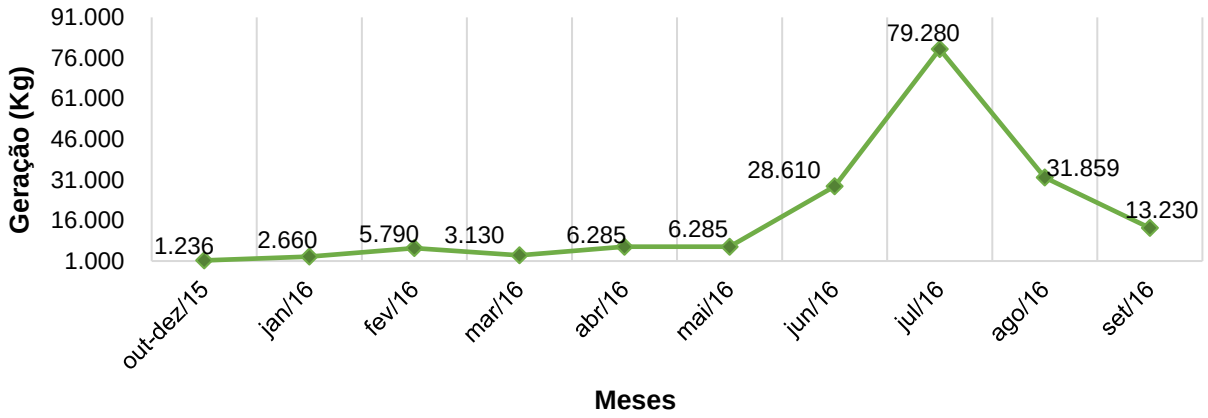
Geração de RCD (kg)	Área de construção (m²)	Índice obtido (kg/m²)	Índice de obras convencionais (kg/m²)	Redução (%)
178.364,72	3.813,10	46,78	150,00	68,82

Ao longo dos meses, foram utilizadas no total 74 caçambas estacionárias, este quantitativo se refere aos resíduos de construção apenas (sem demolição).

4.2 Geração mensal dos resíduos de construção da edificação estudada

Ao se observar a Figura 8, é possível perceber o comportamento do gráfico de geração ao longo dos meses de produção dos resíduos de construção da obra, que vão desde outubro de 2015 até setembro de 2016. Constata-se que os meses de maior produção de resíduo foram julho, agosto e setembro de 2016. E que os meses com menor geração foram os de outubro, novembro e dezembro de 2015, fator que está diretamente vinculado à etapa de construção.

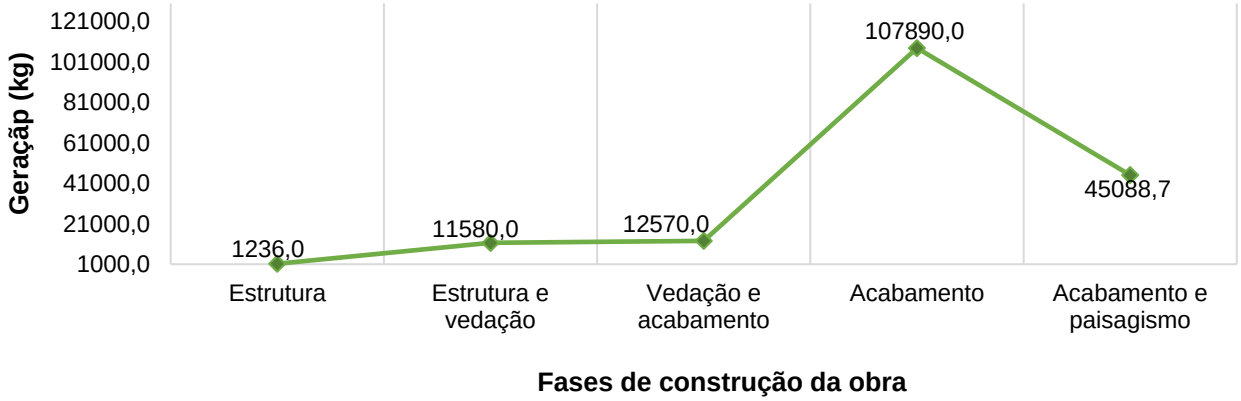
Figura 8. Geração mensal dos resíduos de construção da obra



4.3 Geração dos resíduos por fase de construção da edificação estudada

A partir do cronograma de construção da edificação, foi possível verificar a geração de resíduos de acordo com a fase da obra. Onde se evidencia que as etapas de acabamento isoladamente e, acabamento e paisagismo simultaneamente correspondem àquelas em que há a maior produção de resíduos em massa. Além de indicar ser a fase de estrutura isoladamente como a de menor produção devido às técnicas de construção empregadas, conforme demonstrado na Figura 9.

Figura 9. Geração dos resíduos de construção por fase da obra



5. CONCLUSÃO

O projeto de edificações sustentáveis deve levar em consideração que a geração de resíduos vai muito além da fase de obra, abrangendo também o uso da edificação, e até mesmo um possível desmonte futuro, como foi observado neste estudo de caso.

Importante já destacar a grande minimização da geração de resíduos durante a construção, atingindo um valor de cerca de 70% de redução se comparado ao método convencional de construção no Brasil. Tal resultado se deve, principalmente, à cautela na escolha dos materiais, com menores perdas, menor necessidade de recortes e maior padronização de medidas.

Vale salientar, no entanto, que apesar de se tratar de uma obra sustentável, a gestão de resíduos dentro do canteiro de obras se mostrou ineficiente. Seja devido a uma segregação inadequada, o que impossibilitou a destinação final para uma usina de reciclagem, seja pela colocação das caçambas estacionárias fora do canteiro, uma vez que caso estas estivessem localizadas em seu interior, a quantidade de resíduos gerados pela construção seria menor ainda que o constatado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL (São Paulo). Meio Ambiente. 2015. Disponível em: <http://www.drywall.org.br/index1.php/19/meio-ambiente>. Acesso em: 27 nov. 2016.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, Guia de Sustentabilidade na Construção, FIEMG, Belo Horizonte, 2008.

FERREIRA, F. C. Procedimento de avaliação de conforto ambiental e eficiência energética aplicado a um caso típico da Rede Estadual de Escolas Públicas de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2580., 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

FERREIRA, S. R. L. O pensamento do ciclo de vida como suporte à gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição: exemplo no Distrito Federal e estudos de casos de sucessos no Brasil e no exterior. Distrito Federal, 172 p., 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília

FUCALE, S. et al.; Escola Sustentável: Caso do Edifício Urbano Vitalino. Construir Nordeste. V. 80, p. 28-30, 2016.

GOUVEIA, G. M. M. M. Análise energético-ambiental de fachadas com foco na reciclagem. Estudo de Caso com painéis de alumínio composto “ACM” em Brasília. Brasília-DF, 153 p., 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília,

GUSMÃO, A. D. Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil, 140p. Recife/PE. Gráfica Editora, 2008.

KATS, Gregory. Greening America’s Schools: costs and benefits. Capital E, U.S. 2006. 22 p.

MELO, D. A. Introdução de Melhorias na Aplicação de Material Cerâmico de Parede à Otimização da Qualidade e da Sustentabilidade em Obras de Edificações. Rio de Janeiro, 132 p., 2014. 132 f. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PEIXOTO, C. V. et al. Avaliações de Concepção, Reaproveitamento de Recursos Naturais e Eficiência Energética do Projeto de Edifício Escolar Verde no Município de Recife-PE. Anais do Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, 2016.

292. OPÇÕES PARA O APROVEITAMENTO ÁGUA PLUVIAL EM UM SHOPPING CENTER NA REGIÃO METROPOLITANA DE VITÓRIA (ES)

*COZER, Angélica Dias (angelica.cozer@gmail.com); SANTANA, Édipo Nunes (edipo.santana@gmail.com); FRANCI GONÇALVES, Ricardo (*franci@npd.ufes.br*)*
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil

RESUMO
O Shopping Vila Velha, atual maior shopping center do Espírito Santo, consumiu no ano de 2015, 88.709,00m³ de água potável para os mais diversos usos, mesmo em atividades em que a potabilidade de água não é uma exigência. Sendo assim, verificou-se possibilidades de substituir o uso da água potável por água pluvial na Torre de resfriamento e nos sanitários dos Setores 1 e 4 do Shopping Vila Velha, os quais juntos demandam aproximadamente 46% do consumo total anual de água no objeto de estudo. Desta forma, foram criados sete cenários hipotéticos, que reproduziam condições de abastecimento, os quais foram simulados na quarta versão do programa Netuno, desenvolvido Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. O maior Potencial médio anual de utilização de água pluvial foi obtido pelo cenário II, 79,81% para um resultado ideal de 80%, porém a implantação deste cenário economizaria em um ano o menor volume de água potável dentre os cenários simulados, 5.006,22m³. A maior economia anual de água potável, 21.200,82m³, seria obtida pela implantação do cenário VII, porém os pontos de consumo continuariam altamente dependentes de água potável. Em adição, o cenário VII funcionaria da maneira mais próxima do ideal caso 9.345,60m³ de reservatório fossem construídos, que totalizaria em uma economia anual de R$328.346,72, o que corresponde a 27,21% do total pago em no ano de 2015 em contas de água. A construção de um menor volume de reservatório inferior não traria grande retorno financeiro, porém contribuiria para manter a produtividade do sistema em caso de aumento de demanda. Por fim, os autores sugerem a análise financeira para a implantação de cada um dos cenários para que as suas respectivas viabilidades sejam verificadas.
Palavras-chave: shopping center, água pluvial, NETUNO, reservatório.

OPTIONS FOR THE USE OF PLUVIAL WATER IN A COMMERCIAL CENTER IN THE METROPOLITAN REGION OF VITÓRIA (ES)

ABSTRACT
Shopping Vila Velha, currently the largest shopping mall in Espírito Santo, consumed in 2015, 88,709.00m³ of potable water for the most diverse uses, even in activities which water potability is not a requirement. Therefore, it was verified the possibilities of replacement of potable water by rainwater in the Cooling Tower and in toilets in Sectors 1 and 4 of Shopping Vila Velha, which together demand approximately 46% of the total annual water consumption in the object of study. In this way, seven scenarios were created, which reproduced supply conditions, which were simulated in the fourth version of the Neptuno program, developed by LabeeE (Laboratory of Energy Efficiency in Buildings) of the Federal University of Santa Catarina. The highest annual potential of rainwater utilization was obtained by Scenario II, 79.81% for an ideal result of 80%, but the implementation of this scenario would save in one year the lowest volume of drinking water among the simulated scenarios, 5.006,22m³. The largest annual drinking water savings, 21,200.82m³, would be obtained by the implementation of scenario VII, but consumption points would remain highly

dependent on potable water. In addition, scenario VII would work as close to the ideal if 9,345.60m³ of reservoir were built, which would total an annual saving of R$ 328.346.72, which corresponds to 27,21% of the total paid in the year 2015 in water bills.
The construction of a lower volume of lower reservoir would not bring a great financial return, but would contribute to maintain the productivity of the system in case of increased demand. Finally, the authors suggest the financial analysis for the implementation of each of the scenarios so that their respective viabilities are verified.
Keywords: shopping mall, potable water, NETUNO, reservoir.

1. INTRODUÇÃO

A riqueza de recursos hídricos no Brasil não é sinônimo de abundância de água para o consumidor final, pois a crise hídrica é um problema presente em várias cidades brasileiras. Tundisi et al (2008) apontam uma série de motivos para a escassez hídrica, entre os quais:

1. Intensa urbanização, que acarreta aumento da necessidade de abastecimento de água potável;
2. Infraestrutura de abastecimento em estado crítico, que culmina em taxas altas de perdas com vazamentos;
3. Ocorrência de eventos hidrológicos extremos em função de mudanças globais, tais como longos períodos de seca ou chuvas intensas;
4. Falta de gestão de recursos hídricos e de políticas de sustentabilidade ambiental.

Diante desta conjuntura, emerge a importância da busca por alternativas para conservar a água nos ambientes construídos. A água das chuvas, que deveria ser mais aproveitada, costuma ser vista como um problema de certa maneira. Para resolvê-lo, recorre-se às grandes obras de drenagem que visam dar escoamento rápido dessa água até um destino apropriado que não cause inundações e prejuízos. Entretanto, ao invés de problema, as águas provenientes das chuvas podem ser uma alternativa ao consumo da água potável com necessidades menos nobres, desde que adequadamente coletadas, manejadas e armazenadas para uso posterior (COHIM, GARCIA E KIPERSTOK, 2008).

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal verificar a viabilidade técnica do aproveitamento de água pluvial como fonte de água não potável no Shopping Vila Velha.

2.2 Objetivos específicos

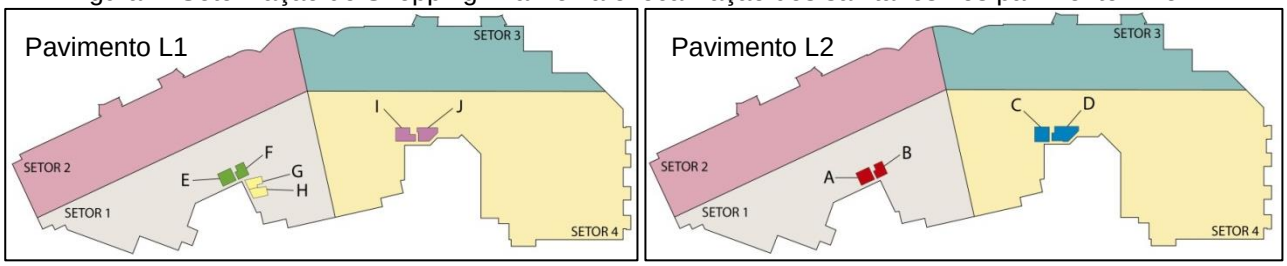
- Medir a demanda de água potável no Shopping Vila Velha;
- Verificar o atendimento as demandas por água potável no objeto de estudo;
- Analisar a viabilidade de implantação de diferentes cenários de abastecimento de água pluvial.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O Shopping Vila Velha situa-se ao norte do município de Vila Velha, no estado brasileiro do Espírito Santo. Vila Velha forma juntamente com as cidades de Vitória, Serra, Cariacica, Viana, Fundão e Guarapari a Região Metropolitana de Vitória. Segundo a companhia de shoppings centers BRMALLS, administradora do empreendimento, o Shopping Vila Velha é o maior estabelecimento do tipo do Espírito Santo. Com inauguração realizada em agosto de 2014, o shopping está edificado em um terreno de 140 mil metros quadrados, dos quais 71 mil m² são de área bruta locável (ABL).

A ABL do objeto de estudo conta com 233 lojas satélites, 5 mega lojas, estacionamento com 4 mil vagas, um hipermercado, oito salas de cinema, entre outros, distribuídos em três pavimentos, porém atualmente somente dois pavimentos estão em funcionamento. Ao todo o objeto de estudo conta com16 sanitários em suas dependências, incluindo sanitários masculinos e femininos, para funcionários e frequentadores (sociais), que podem ter espaços destinados às Pessoas com Necessidades Especiais – PNE. O shopping também conta com Espaços Família (sanitários que podem ser utilizados por crianças acompanhadas de seus responsáveis), DMLs(pontos de apoio para os funcionários responsáveis pela limpeza do sanitário, que contam com pelo menos um tanque) e bebedouros nos corredores de acesso aos sanitários. Este estudo considerou que as unidades de Espaço Família, as PNEs, bebedouros e as unidades de DML são servidas pelo mesmo ponto de água do sanitário das quais estão mais próximas, formando desta forma um único sanitário. A administração do Shopping Vila Velha forneceu leitura de dez hidrômetros, que medem o consumo de água potável correspondente a dez sanitários. A localização dos sanitários cujos dados são utilizados neste estudo em relação aos setores e pavimentos do shopping, é apresentada nas figuras 2 e 3.

Figura 1: Setorização do Shopping Vila Velha e localização dos sanitários nos pavimento L1 e L2.



A análise da demanda de água do objeto de estudo foi feita com base em contas de água emitidas pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) entre 15 de dezembro de 2014 até 14 de dezembro do ano de 2015 foram cedidas pela BRMALLS. Para a análise do consumo de água utilizaram-se as leituras mensais de oito hidrômetros no período entre julho e dezembro de 2015 foram fornecidas pela administração do shopping. Utilizou-se o programa Netuno em sua quarta versão como ferramenta de cálculo do Potencial mensal de utilização de água pluvial, Volume consumido diário de água pluvial e potável e Dias de atendimento completo de água pluvial, a fim de encontrar a melhor forma de substituir o consumo de água potável por água pluvial no Shopping Vila Velha em cenários criados que reproduziam sistemas de abastecimento de água de chuva para os pontos de maior consumo de água, a partir da manipulação dos dados de entrada. O quadro a seguir apresenta os pontos de consumo considerados em cada cenário.

Quadro 5: Caracterização dos cenários a partir de seus respectivos pontos de consumo.

Cenário	Pontos de consumo
I	Sanitários do Setor 1.
II	Sanitários do Setor 4.
III	Sanitários dos Setores 1 e 4.
IV	Torre de resfriamento.
V	Torre de resfriamento e Sanitários do Setor 1.
VI	Torre de resfriamento e Sanitários do Setor 4.
VII	Torre de resfriamento Sanitários dos Setores 1e 4.

O primeiro dado de entrada inserido foi a série histórica de precipitação diária no qual utilizou-se os dados da estação pluviométrica Vitória, obtida via download de um arquivo CSV (Separado por Vírgula) no site do Instituto Nacional de Meteorologia(INMET), órgão administrador da estação. Optou-se pela estação Vitória por esta ser a estação em operação mais próxima ao Shopping Vila Velha, porém a série histórica não apresentou registros nos meses de dezembro de 2009 e dezembro de 2010, sendo necessário o preenchimento dessas falhas, para tal optou-se pelo Método do Inverso do Quadrado, segundo MARTINS (2008). MELLO (2003), recomenda que o Método do Inverso do Quadrado deve ser utilizado da seguinte maneira:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\frac{1}{d_i^2}X_i)}{\sum_{i=1}^{n}(\frac{1}{d_i^2})}$$

Onde:
Xp: variável interpolada;
Xi: valor da variável da i- ésima localidade vizinha;
di: distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado.

Neste caso entende-se como variável interpolada a precipitação diária com falha da estação adotada em milímetros. O X_i corresponde a uma precipitação diária de uma das estações pluviométricas vizinhas a estação adotada (em milímetros), já a distância d_i entre as estações, também em milímetros, foi obtida pelo Google Earth através da funcionalidade “Adicionar caminho”. As estações pluviométricas Ponta da Fruta, Fazenda Jucuruaba e Guarapari, caracterizadas no quadro 2, foram escolhidas como estações vizinhas por serem as estações em funcionamento mais próxima da estação Vitória.

Quadro 6: Caracterização das estações pluviométricas cujos dados foram utilizados neste estudo.

Estação	Código	Entidade Responsável	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Vitória	A612	INMET	Vitória	-20°27’11’’	-40°30’61’’	9,00
Ponta da Fruta	8446	ANA	Vila Velha	-20°30’56’’	-40°21’49’’	3,00
Faz. Jucuruaba	8425	ANA	Viana	-20°24’54’’	-40°29’07’’	80,00
Guarapari	8428	ANA	Guarapari	-20°39’08’’	-40°30’31’’	6,00

Para o descarte do escoamento inicial adotou-se o valor de 2 mm, recomendado pela norma ABNT NBR 15527:2007. Já para os valores de área de captação considerou-se a cobertura do Shopping Vila Velha como sua única área de captação, cuja dimensão foi obtida a partir dos métodos recomendados pela ABNT NBR 10844:1989 para o cálculo da área de contribuição.
O Netuno solicita a demanda total de água per capita por dia em litros e o número de moradores, neste caso tratado como número de frequentadores, para calcular Volume mensal de água potável consumida em certa parte da edificação, porém este dado já foi fornecido pela administração do shopping. Sendo assim no campo de referente a demanda total foi inserido o Volume mensal de água potável consumida e no campo número de moradores inseriu-se o algarismo um. Os valores de Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial inseridos no netuno representaram

o quanto se desejava substituir da demanda de água potável por água pluvial. Já os Coeficientes de escoamento superficial adotados neste estudo foram definidos a partir da comparação entre os materiais que compõe a cobertura do Shopping Vila Velha, especificados nas plantas de cobertura cedidas pela administração do shopping e os valores indicados pela literatura.

Outro dado de entrada é o volume de reservatório inferior, o Shopping Vila Velha conta com onze reservatórios, quatro deles destinados ao abastecimento de água pluvial e reserva técnica de incêndio. Os outros sete reservatórios, denominados RECAPs, são utilizados para armazenar temporariamente água de chuva da cobertura do shopping para que esta seja encaminhada gradativamente ao sistema público de drenagem de águas pluviais, visto os altos índices pluviométricos da região. Devido ao alto custo de construção de um reservatório e a impossibilidade de implantação de reservatórios superiores na edificação, visto que tal sobrecarga não foi prevista no projeto estrutural, decidiu-se neste estudo por verificar a possibilidade de se utilizar somente os RECAPs para o armazenamento da água pluvial captada na cobertura do Shopping Vila Velha. Os volumes dos RECAPs foram extraídos das plantas do projeto de drenagem do Shopping Vila Velha, disponibilizados por sua administração.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise da demanda e do consumo de água potável foi verificado que os restaurantes e praça de alimentação, torre de resfriamento, sanitários e refeitório são os locais onde se tem os maiores consumos de água, apresentando 78,11% de toda a água potável consumida no shopping. A figura 4 mostra a distribuição do consumo por área no shopping. Porém, por questões sanitárias, apenas a torre de resfriamento e sanitários (setores 1 e 4) permitem a possibilidade de substituição total ou parcial do uso de água potável por pluvial, desta forma estes pontos foram analisados a fim de se obter o melhor cenário para abastecimento com água de chuva. Assim, cada cenário foi simulado no software Netuno e os dados de entrada no programa estão apresentados na tabela 1.

Foram simulados sete cenários, sendo que o cenário II possui a menor demanda de água com 6.272,74 m³, e o cenário VII apresenta a maior demanda de água com 42.352,33 m³. O volume de demanda de água de cada cenário pode ser visto na tabela 2.

Figura 10: Distribuição do consumo de água potável no Shopping Vila Velha

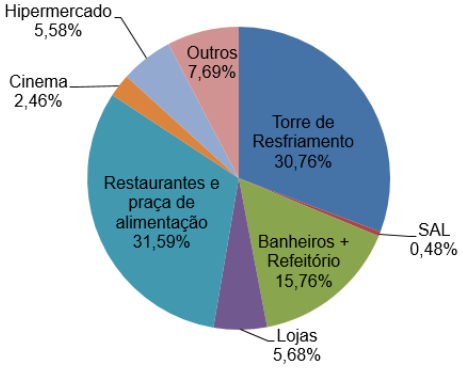


Tabela 9: Dados de entrada no Netuno

Dados de entrada	Valor	Unidade
Precipitação média	1436,23	mm
Descarte escoamento superficial	2,00	mm
Área de Captação	41.330,33	m²
Consumo mensal Torre	30.331,90	m³
Consumo mensal Sanitário Setor 1	8.752,80	m³
Consumo mensal Sanitário Setor 4	6.272,74	m³
Demanda total a ser suprida por água pluvial Torre	100,00	%
Demanda total a ser suprida por água pluvial Sanitários	80,00	%
Coeficiente de escoamento superficial	0,90	
Reservatórios	644,40	m³

Tabela 10: Demanda de água dos cenários simulados no Netuno em m³.

Cenário	I	II	III	IV	V	VI	VII
Demanda	8.752,80	6.272,74	15.025,54	30.331,90	37.334,14	35.350,09	42.352,33

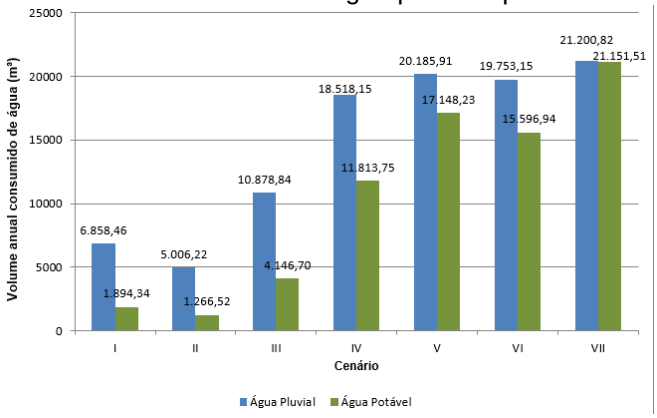
Todos os cenários foram simulados no Netuno e assim, o programa inicialmente exibiu os resultados dos potenciais mensais de utilização de água pluvial de cada um dos cenários. Na tabela 3 estão apresentados a média dos potenciais obtidos pelo Netuno, os valores ideais de potencial mensal de utilização de água pluvial de cada cenário e o número de dias em que a demanda de água é suprida por água pluvial.

Para uma melhor análise da situação os potenciais mensais de cada cenário, foram aplicados em suas respectivas demandas mensais de água potável, apresentadas na tabela 2 para então obter-se o volume consumido de água pluvial em cada cenário, e o resultado pode ser visto na figura 5, que expõe o volume anual consumido de água pluvial e potável de cada cenário simulado pelo Netuno.

Tabela 11: Média potencial de utilização, potencial de utilização ideal e número de dias atendidos para cada cenário

Cenário	I	II	III	IV	V	VI	VII
Potencial (média) %	78,36	79,81	72,40	60,99	54,06	55,87	50,06
Potencial Ideal %	80,00	80,00	80,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nº de dias atendidos	355,00	363,00	322,00	205,00	175,00	182,00	160,00

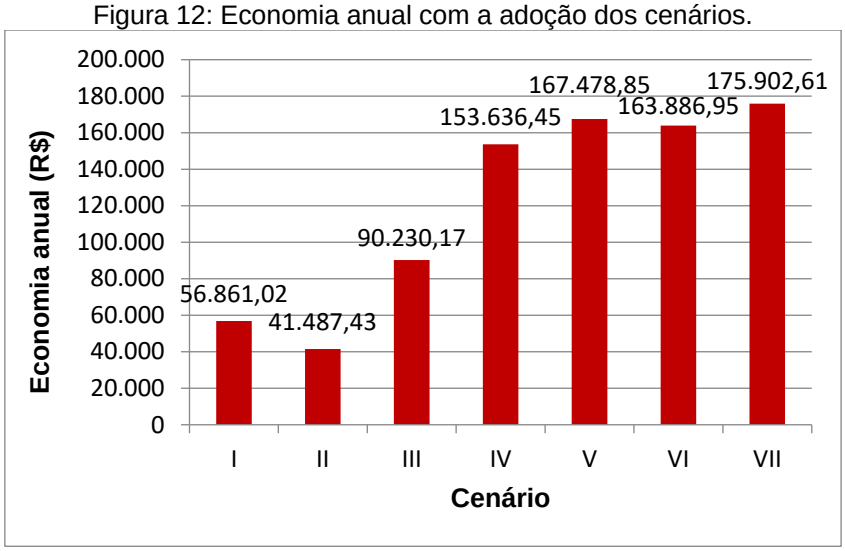
Figura 11: Volume anual consumido de água pluvial e potável de cada cenário.



Analisando a figura 5 pode-se observar que o cenário VII apresenta o maior consumo de água pluvial, o que significa que a adoção deste cenário resulta na maior economia de água potável na edificação em valores absolutos, mesmo que este cenário também seja o maior consumidor deste tipo de água. Os cenários I e II apresentaram altos potenciais mensais relativos (percentuais) de utilização de água pluvial, porém apresentaram os mais baixos consumos de água de chuva em valores absolutos. Em termos de economia em reais, foram consideradas as tarifas cobradas pela CESAN para consumidores da categoria “Comercial e Serviços” pelo serviço de abastecimento de água potável em municípios da Região Metropolitana da Grande Vitória no ano de 2016, cuja a cobrança é feita de forma escalonada. A figura 6 apresenta quanto a implantação de cada um dos cenários acarretaria em economia anual quanto ao pagamento das contas de água.

Examinando a figura 6 tem-se que o cenário VII retorna a maior economia anual em caso de implantação, R$175.902,61 que representa 14,57% do valor pago pela administração do Shopping Vila Velha em contas de água no ano de 2015. Todavia, alguns critérios devem ser levados em consideração para a avaliação de um cenário, como por exemplo, verba disponível para investimento, período de retorno do investimento (Payback) desejado e viabilidade construtiva, dentre outros. O cenário II, por exemplo, é o mais autônomo em relação ao uso de água pluvial, porém retorna a menor economia anual, enquanto a implantação do cenário VII, que demandará várias intervenções para abastecer sanitários e Torre de resfriamento, resulta na maior redução na conta de água do shopping.

Figura 12: Economia anual com a adoção dos cenários.



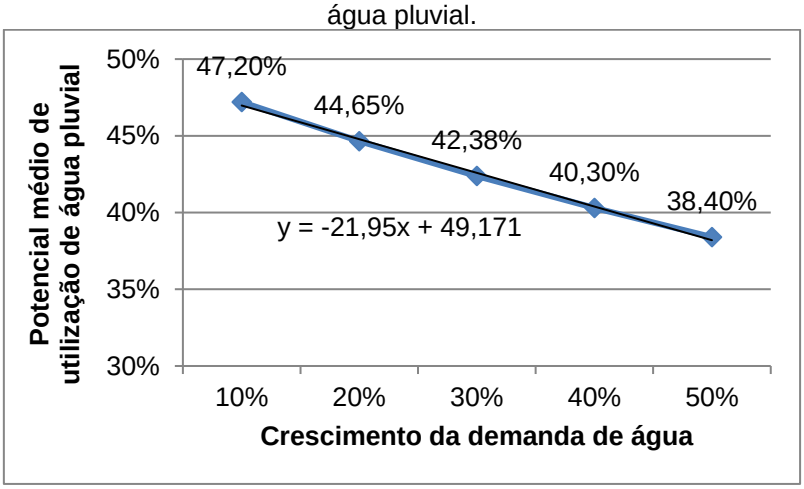
Assumindo-se que seja adotada as premissas do cenário VII, duas hipóteses podem ser tecidas:

- Hipótese 1: O volume total de reservatório inferior será acrescido e a demanda de água permanecerá constante;
- Hipótese 2: O volume total de reservatório inferior permanecerá o mesmo, porém a demanda de água aumentará.

Considerando a hipótese I, após realizar-se simulações no Netuno variando o volume do reservatório até chegar-se a um valor em que não houvesse variação do potencial de utilização de água pluvial, foi obtido um valor de volume de reservatório de 9.990,00m³. Ou seja, para o que o sistema funcionasse o mais próximo do ideal seria necessária a construção de 9.345,60m³ de reservatório inferior. A construção de 9.345,60m³ de reservatório inferior totalizaria em uma economia anual de R$328.346,72, o que corresponde a 27,21% do total pago em no ano de 2015 em contas de água.

Considerando a hipótese II, analisou-se o aumento na demanda de água do cenário VII com crescimento percentual de 10% até 50%, que poderá vir a ocorrer com o crescimento do número de frequentadores no Shopping Vila Velha nos próximos anos. Tais valores foram inseridos no Netuno que, como um dos resultados, apresentou um Potencial relativo mensal de utilização de água pluvial para cada acréscimo de demanda. A figura 7 demonstra que o crescimento da demanda de água sem nenhuma adição do volume de reservatório inferior causa uma queda no potencial relativo, fazendo com que o sistema se torne cada vez menos autossuficiente com a necessidade cada vez maior de água potável para suprir a demanda de água. A partir da análise da figura 7, o Potencial relativo médio de utilização de água pluvial será igual a zero, quando a demanda anual de água dos sanitários dos Setores 1 e 4 e da Torre de resfriamento juntas tiverem um aumento de 219%, ou seja, a demanda anual de água será de 92.751,61m³.

Figura 13: Relação entre o crescimento da demanda de água e potencial relativo médio de utilização de água pluvial.



Para estimar o tempo em que potencial relativo médio de utilização de água pluvial chegará a zero, foi utilizada a equação abaixo, que é uma adaptação da fórmula financeira para valor futuro, que tem seu uso válido para este caso devido à fixação da taxa de crescimento do consumo de água.

$$VF = VP(1 + i)^n$$

Onde:
VF: Volume futuro (m^3);
VP: Volume presente (m^3);
i: taxa anual de crescimento do consumo de água (%);
n: intervalo de tempo em anos.

Assim, adotando que a taxa de crescimento do consumo de água no Shopping Vila Velha é equivalente à taxa de crescimento do fluxo acumulado de frequentadores dos shopping centers do Brasil em 2015 que foi de 2,9% ao ano, o volume futuro como 92.751,61m^3, o volume atual como a demanda do cenário VII de 42.352,33m^3, resultou que o Potencial relativo médio de utilização de água pluvial chegará a zero em aproximadamente 27 anos e 5 meses.

5. CONCLUSÃO

O Shopping Vila Velha, devido às diversas operações disponíveis para os seus frequentadores, caracteriza-se como um grande consumidor de água potável, sobretudo entre os meses de setembro a março. Nestes meses do ano as temperaturas médias encontram-se as mais altas do ano, exigindo mais do sistema de refrigeração que acaba fazendo com que a Torre de resfriamento aumente sua demanda de água. Foram levantados os pontos de maiores consumos de água potável do shopping e criados cenários a fim de se obter o melhor abastecimento de água pluvial, dessa maneira, chegou-se se a dois cenários em situação distintas, porém ambos com vantagens a serem ponderadas. O cenário II apresenta maior autossuficiência, sendo necessário o menor volume de água potável para suprir a demanda total. Já o cenário VII, que substitui mais água tratada do que os outros cenários, demanda um maior investimento de implantação, visto que a o aumento da demanda de água torna o sistema menos produtivo.

Ainda se supôs que o Shopping Vila Velha optasse por implantar um sistema de captação e distribuição aos modelos do cenário VII, criando-se duas hipóteses. Com os resultados da primeira hipótese conclui-se que o cenário VII teria seus resultados otimizados próximo ao ideal em caso da construção de um volume de reservatório inferior de 9.345,60m³. Já construção de volumes menores de reservatório inferior resultariam em um baixo retorno financeiro para o Shopping Vila Velha.
Os resultados da segunda hipótese mostraram que, em caso de implantação do cenário VII e o não investimento no acréscimo do volume de reservatório inferior, o sistema se tornaria paulatinamente improdutivo se o consumo de água aumentar, situação esperada para um empreendimento com apenas dois anos de funcionamento. Em 27 anos e 5 meses o sistema se tornaria totalmente obsoleto.
Ao fim deste estudo verifica-se a impossibilidade de indicar qual dos cenários é o mais adequado para ser implantado no Shopping Vila Velha sem um estudo de viabilidade econômica de implantação e manutenção do sistema, visto que somente com este diagnóstico será possível julgar um cenário como sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro. 13 pgs. 1989

ABNT. NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. ISBN 978-85-07-00668-8. 8 pgs. 2007

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios Incorporação do tempo em SGBD orientado a objetos. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 9, 2008, Salvador. Anais…Salvador: 2008.

MARTINS, C. A. S. et al. Caracterização da precipitação da bacia hidrográfica do rio Benevente. In: VIII Encontro Latino Americano de Pós Graduação, 2008, São José dos Campos. XII INIC e VIII EPG da Universidade do Vale do Paraíba.

MELLO, C.R. et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. R. Bras. Ci. Solo, n.27, p. 925-933, 2003

TUNDISI, J. G. et al. Conservação e uso sustentável de recursos hídricos, In: BARBOSA, F. A. Ângulos da água: desafios da integração. Belo Horizonte: Editora UFMG, 157-83 pp, 2008.

337. AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA MANUSEIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS HABITAÇÕES MULTIFAMILIARES DO RIO DE JANEIRO

SOUZA, Alice M. G.[1] *(alicemagalhaes.souza@poli.ufrj.br);*
ALVES, Maria Cristina M.[1] *(tina@poli.ufrj.br)*
[1]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

RESUMO
Nos últimos anos, a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foi percentualmente maior que o crescimento populacional na cidade do Rio de Janeiro, o que remete à necessidade de se reavaliar as estratégias de manejo do RSU, bem como as políticas de incentivo à redução, reutilização e reciclagem no município. Neste sentido, acredita-se que a normatização do setor de construção aliada a intervenções específicas na arquitetura das habitações multifamiliares, podem contribuir significativamente para uma nova organização que contemple e incentive estas três práticas. O objetivo deste trabalho é levantar as soluções usuais e alternativas para manuseio de resíduos sólidos, em relação à sua praticidade, popularidade, sustentabilidade e aplicabilidade no contexto urbano do Rio de Janeiro.
Foi realizada uma análise crítica das Especificações Técnicas de construção referentes ao sistema de manuseio dos resíduos domiciliares em edificações do município e, a partir disso, a avaliação comparativa das citadas soluções comuns e alternativas inovadoras. Concluiu-se que a segregação simples (recicláveis X orgânicos X rejeitos) acoplada a alternativas como compostagem doméstica e reciclagem de óleo de cozinha usado constituem as soluções mais adequadas ao contexto do município do Rio de Janeiro. Além disso, apontou-se a necessidade de atualização da Especificação Técnica da COMLURB, como forma de obrigar as novas construções a preverem mais espaço para manuseio de resíduos e alternativas sustentáveis. Por fim, ressalta-se o potencial de contribuição das edificações habitacionais nas estratégias municipais para uma gestão de RSU mais eficiente.
Palavras-chave: resíduos sólidos urbanos; arquitetura; habitação; sustentabilidade

EVALUATION OF SOLUTIONS FOR THE HANDLING OF SOLID WASTE IN MULTIFAMILY BUILDINGS IN RIO DE JANEIRO

ABSTRACT
In recent years, the generation of municipal solid waste (MSW) was greater than the percentage of reassess the MSW management strategies as well as policies to promote reduction, reuse and recycling in the municipality. In this sense, it is believed that the standardization of the construction sector combined with specific interventions on architecture of multifamily housing, can contribute significantly to a new organization that encourage these practices. The aim of this paper is to raise the usual and alternatives solutions for handling solid waste, in relation to its practicality, popularity, sustainability and applicability in the urban context of Rio de Janeiro.
A critical analysis of the technical specifications concerning the construction of household waste handling system in buildings was made and, from that, the comparative assessment of those common solutions and innovative alternatives. It is concluded that simple segregation (recyclable X organic X tailings) coupled to alternatives such as domestic composting and segregation used cooking oil are the most adequate solutions in the context of Rio de Janeiro. In addition, it was pointed out the need to update the Technical Specification of COMLURB - as a way of obliging the new constructions to provide more space for handling of residues and sustainable alternatives.

Finally, it should be noted the potential contribution of the residential buildings in the municipal strategies for more efficient management of MSW.
Keywords: municipal solid waste**,** architecture; housing; sustainability

1. INTRODUÇÃO

A ideia de lixo, sujeira ou material sem serventia, do ponto de vista antropológico, refere-se ao que se encontra desorganizado, fora de ordem, sem classificação: *"(...) a limpeza supõe classificação, ordenação, enfim, ordem. (...) o que nos leva a ver a sujeira como o que é desordenado, fora das classificações, o que está isolado"* (DOUGLAS apud CARREGAL, 1992, p.12)

Segundo esta noção, a partir do momento em que se organiza o que está sendo descartado, e ordena-se em categorias, tem-se a apropriação deste material. Assim pode-se desmitificar a ideia predominante de lixo, e promover sua gestão de forma mais consciente, visando reduzir impactos negativos ao meio ambiente e ao meio social.

Monteiro (2001, p.6) comenta que os custos com serviços de limpeza urbana podem chegar até 15% do orçamento municipal. Em relação aos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD), o autor esclarece:

"O tratamento mais eficaz é o prestado pela própria população quando está empenhada em reduzir a quantidade de lixo, evitando o desperdício, reaproveitando os materiais, separando os recicláveis em casa ou na própria fonte e se desfazendo do lixo que produz de maneira correta." (MONTEIRO, 2001, p.119)

Sendo assim, quanto mais eficiente for o manuseio e a segregação dos variados tipos de resíduos nas edificações, menor quantidade será enviada aos aterros, resultando em economia para os municípios e melhoria na Gestão de RSU de forma geral.

2. OBJETIVO

Este artigo se propõe a avaliar comparativamente as soluções de manuseio e acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares, desde sua geração até sua coleta pelos veículos destinados a este fim. Serão avaliadas as soluções existentes e comumente utilizadas na cidade, bem como as novas alternativas. A comparação entre elas utilizará critérios de *praticidade, popularidade, sustentabilidade* e *aplicabilidade no contexto urbano do Rio de Janeiro*.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para atingir o objetivo do artigo será realizada uma breve análise crítica do documento "SISTEMA DE MANUSEIO DO LIXO DOMICILIAR EM EDIFICAÇÕES", que se trata de uma Especificação Técnica da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) para regulamentar a construção de ambientes que compõem o sistema de manuseio dos resíduos domiciliares em edificações do município.

Após esta análise, será descriminada a estrutural local, através do levantamento dos equipamentos de gestão de RSU disponíveis no município do Rio de Janeiro - tais como aterros, Centros de Tratamento de Resíduos (CTRs), usinas etc.

Por fim, serão apresentadas as soluções usuais e alternativas para manuseio dos resíduos nas edificações e posterior avaliação comparativa entre elas.

3.1 Análise Crítica da Especificação Técnica da COMLURB

A citada Especificação Técnica da COMLURB define, entre outras diretrizes, as dimensões, materiais e equipamentos necessários aos espaços de manuseio de RSD. Este documento é utilizado por arquitetos e engenheiros para projetar novas habitações multifamiliares ou reformar edificações existentes, e a aprovação destes projetos junto à prefeitura municipal depende de sua conformidade com esta especificação técnica.

Além de orientar a oferta de resíduos para a coleta pública, o documento apresenta modelos esquemáticos de ambientes para manuseio de RSD, com e sem tubo de queda.

Não há nenhuma menção na especificação técnica a respeito de novas alternativas para manuseio de resíduos nos prédios e condomínios, nem mesmo em forma de sugestão. Ela apenas se refere a ambientes tradicionais de recolhimento e acumulação do RSD heterogêneo (lixo orgânico misturado com recicláveis e rejeitos), não contemplando modelos alternativos, tais como: segregação de recicláveis, compostagem de orgânicos e coleta de óleo de cozinha usado.

3.2 Contexto estrutural da cidade do Rio de Janeiro

A COMLURB é a empresa responsável pelos serviços públicos de limpeza urbana no Rio de Janeiro. Os resíduos da cidade são dispostos no Centro de Tratamento de Resíduos (CTR) do município de Seropédica, que recebe cerca de 11 mil toneladas de lixo diariamente. Devido à longa distância entre determinadas zonas da cidade e este aterro, os caminhões de coleta utilizam pontos de transferência de RSU para auxiliar na gestão: as Estações de Transbordo. A cidade dispõe ainda de uma Usina de Compostagem localizada no bairro do Caju, e duas Centrais de Triagem (CT) para Reciclagem, nos bairros de Irajá e Bangu. O serviço de Coleta Seletiva está disponível atualmente em 113 dos 160 bairros da cidade. Os recicláveis coletados são encaminhados às CTs ou a cooperativas cadastradas. (SMAC, 2016)

Do total de RSU coletado pela COMLURB no Rio de Janeiro, a parcela de resíduos orgânicos gira em torno de 55%, e a de recicláveis cerca de 30%. Estima-se que destes 30% de recicláveis, apenas 3% são coletados pelo Programa de Coleta Seletiva da empresa. (COMLURB, 2016)

A partir destas porcentagens, considerando a alternativa da Compostagem para toda a fração orgânica do lixo, e da Reciclagem para toda a fração reciclável, restariam apenas 15% de rejeitos a serem destinados aos aterros, que poderiam, neste cenário ideal, ter sua vida útil estendida.

É de conhecimento geral que a maior parte da população não segrega seus resíduos para os dois tipos de coleta disponíveis (regular e seletiva), comprometendo assim a qualidade dos resíduos coletados.

Em visita técnica realizada em setembro de 2014 à Usina de Compostagem do Caju, verificou-se que o material recebido no local é proveniente da coleta regular da COMLURB, ou seja, é necessário segregar dentro da usina o resíduo orgânico do reciclável. Este processo tem alta demanda de equipamentos, funcionários e tempo, gerando altos custos. Além disso, conforme descrito pelos funcionários da usina, a mesma encontrava-se em condições precárias de investimento e manutenção, com equipamentos obsoletos em relação às tecnologias disponíveis à época e capacidade de operação subutilizada, recebendo em média 150 toneladas de material por dia – quando poderia alcançar 1.000 toneladas diárias.

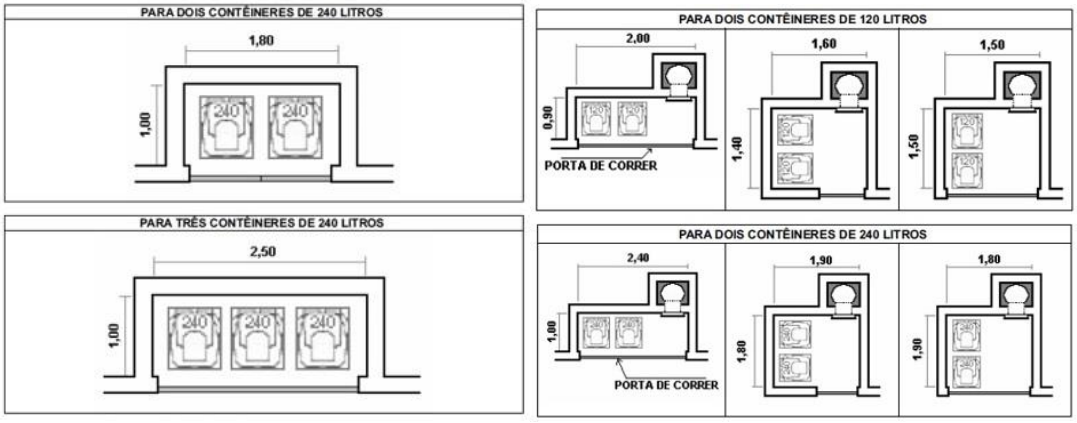
Embora não tenham sido encontrados dados referenciados na literatura, sabe-se que hoje, o impacto de tais usinas sobre a Gestão de Resíduos Sólidos da cidade é inexpressivo, considerando-se a capacidade de reciclagem e compostagem do município. É de conhecimento geral que o volume de RSU destinado aos aterros continua aumentando, e a maior parte dos resíduos destinados à coleta continua sendo muito heterogêneo, dificultando sua correta destinação.

3.3 Soluções usuais

a) Contêineres – Padronizados pela COMLURB, em geral ficam em compartimento de coleta nos andares (ambiente fechado com porta, que pode ter ou não tubo de queda e recipiente para coleta de recicláveis) e precisam ser transferidos ao térreo ou subsolo para encaminhamento à coleta pública. Por conta de seu *design* adaptado à mecanização, possuem a vantagem de não demandar manuseio dos garis no momento de transferência dos resíduos ao caminhão, evitando acidentes como cortes e contaminação. Ver figura 01.

b) Tubo de queda - Tubo vertical que percorre toda a altura do edifício, com aberturas nos andares através de boca coletora (com ou sem porta-caçamba), localizadas em determinada área de uso comum da edificação – geralmente escadas ou áreas de circulação, ou no interior dos compartimentos de coleta. O tubo termina no compartimento de acumulação do prédio, geralmente situado no térreo (ou pavimento de uso comum, interligado diretamente ao logradouro), com espaço para o recipiente ou contêiner que receberá os resíduos lançados. Ver figura 02.

Figuras 01 e 02. Esquemas de ambientes para RSD - Especificação Técnica COMLURB



Sugestões de projeto com contêineres e com tubo de queda. Fonte: COMLURB, 2004.

É importante ressaltar que não se observa, em larga escala, nenhum ambiente específico ou espaço destinado para equipamentos de manuseio de RSD no interior das unidades habitacionais (UHs). As soluções usuais sempre passam por ambientes coletivos, e geralmente demandam funcionários dos condomínios para tal manuseio.

3.4 Soluções alternativas

a) Segregação para Reciclagem – Nas habitações onde existe esta prática, em geral ela é realizada na fonte geradora (a UH), com o auxílio de recipientes separados para cada tipo de resíduo. Idealmente, o resíduo reciclável deve ser minimamente higienizado e estar seco ao ser descartado. Feita esta segregação, a fração de orgânicos e rejeitos é enviada à coleta normal, e a fração reciclável geralmente é enviada a algum recipiente ou compartimento de acumulação do condomínio. Há uma demanda significativa de espaço e o local deve ser previamente preparado para receber os recicláveis, com organização, manutenção adequada, e preferencialmente um ou mais funcionários responsáveis pelo serviço. Há também a possibilidade de aquisição de equipamentos como prensas: tal investimento se justifica caso o condomínio tenha interesse em comercializar os recicláveis coletados em suas UHs, uma vez que o material prensado possui maior valor comercial. Muitos condomínios do Rio de Janeiro utilizam a renda obtida com a venda de recicláveis para promover melhorias em suas instalações e áreas de uso comum.

A coleta pode ser feita por empresas especializadas, Cooperativas de Reciclagem, ou solicitada à própria COMLURB, conforme supracitado neste trabalho. Em relação às Cooperativas, o maior obstáculo encontra-se, em geral, na distância entre a Cooperativa e os condomínios, o que ocasiona gastos com transporte. Muitas vezes os condomínios dispõem seus resíduos recicláveis em dias e horários combinados com catadores, e estes se encarregam informalmente da coleta. Porém esta situação não é a ideal, pois além da informalidade, nestes casos não há registro de destinação dos resíduos.

Para a COMLURB, a segregação na fonte geradora deve ser feita apenas entre recicláveis e orgânicos (Coleta Seletiva Simples), e não entre os próprios recicláveis de acordo com sua espécie (Coleta Multisseletiva), pois o caminhão da Coleta Seletiva mistura todos os tipos de material na compactação – vidro, metal, plástico, papel, etc.

Os principais grupos de resíduos recicláveis gerados em ambientes residenciais, a serem enviados enfardados para cooperativas de reciclagem são: papel branco; papelão; plástico tipo PET e plástico tipo PEAD.

b) Compostagem doméstica - Atualmente, já estão disponíveis para compra equipamentos próprios à compostagem de resíduos orgânicos, chamados composteiras ou decomposteiras – ver figura 03. A primeira imagem é o modelo seco (a), que possui manivelas para aeração e revolvimento do material. Este equipamento atende a quantidades pequenas de resíduos, e nele o processo ocorre de forma mecanizada (através do giro da alavanca).

Existem também as composteiras próprias para a vermicompostagem (b) - compostagem que conta com o auxílio de minhocas para aeração do material. Também chamada de minhocário, compõe-se em geral de 3 caixas plásticas opacas – podendo variar de tamanho conforme o número de usuários -, sendo as superiores com furos na base (caixas digestoras), e a última (caixa coletora) totalmente fechada para armazenamento do biochorume produzido no processo.

A manutenção desse processo demanda tempo e assiduidade: a alimentação deve ser feita diariamente, dispondo os resíduos orgânicos preferencialmente em tamanho reduzido, e cobrindo-os com material seco (serragem / madeira). As minhocas promovem o trabalho de decomposição e de controle de sua própria população.

Ambas as composteiras apresentadas até aqui demoram muito tempo para gerar o composto (entre 2 e 3 meses), e devem receber apenas resíduos orgânicos de origem vegetal, cascas de ovos, etc. Não são recomendadas para a destinação de resíduos de origem animal, de qualquer espécie, nem resíduos vegetais muito processados no preparo. Quando há algum desequilíbrio, nota-se pela temperatura, mau odor, ou presença de nematóides em excesso (pequenos vermes parasitas de vegetais). Na maior parte das vezes o desequilíbrio é gerado por conta da diferença entre os níveis ideais de nitrogênio (parte orgânica, "molhada") e carbono (parte seca, serragem).

Figura 03 – a) Composteira seca / b) Minhocário / c) Composteira Elétrica



Fontes: ecycle.com.br (acesso em 22/11/2014) / trasix.com.br (acesso em 26/11/2016)

Por fim apresenta-se o modelo de composteira elétrica (c), que funciona sem manivela nem minhocas, e pode receber resíduos orgânicos de origem vegetal e animal (inclusive ossos, espinhas de peixe e restos de carne). Seu processo não demanda manutenção como os outros dois, sendo apenas necessário usar água, serragem e energia elétrica. A partir da ligação na tomada, o composto é gerado em 24 horas (este modelo de composteira não gera o biochorume). Apesar das vantagens em relação aos outros modelos apresentados, este ainda não está disponível no mercado em larga escala e custa cerca de 20 vezes mais que os 2 primeiros.

É grande a resistência em utilizar a compostagem nas residências, sobretudo por se tratar de manuseio de lixo orgânico, e todo o conjunto de crenças em possíveis riscos à saúde, e condicionamentos de ordem psicológica e cultural que este tipo de resíduo envolve. Mas, conforme explica Monteiro (2001, p.125), este suposto risco não é real, se forem tomadas as devidas precauções: *"Existem também presentes no lixo micro-organismos patogênicos, como salmonelas e estreptococos. Esses micro-organismos são eliminados pelo calor gerado no próprio processo biológico, porque não sobrevivem a temperaturas acima de 55ºC por mais de 24 horas."*

c) Reciclagem de Óleo usado no preparo de alimentos – O descarte deste material em ralos pode obstruir as caixas de gordura e tubulações, além de onerar e tornar mais complexo o tratamento do esgoto doméstico. Estima-se que 1 litro de óleo pode poluir 20.000 litros de água potável (SABESP, 2007).

Alguns condomínios do Rio de Janeiro vêm adotando a prática de coletar o óleo de cozinha usado no preparo de alimentos e ceder a empresas especializadas, que o recolhem e encaminham para a fabricação de sabão e tintas - entre outras destinações. Acumula-se o óleo usado em garrafas PET ou bombonas plásticas próprias para este fim (figura 04), até que a empresa venha recolher, ou o condomínio faça o transporte até ela.

A área de acumulação do óleo usado no condomínio deve ter acesso restrito, ventilação contínua e estar longe de fontes de calor e fogo, já que o material é inflamável. É ideal manter uma rotina de vistoria do local por um funcionário responsável.

Existe também a opção de instalação de um oleoduto, que consiste num tubo de queda vertical para escoamento do óleo aos recipientes de acumulação e armazenamento até a coleta. Em geral tais recipientes são tambores com capacidade para 50 litros de óleo, disponibilizados pela própria empresa coletora, e ficam localizados no compartimento de acumulação de resíduos da edificação (em geral no térreo ou subsolo). De baixa manutenção, este sistema pode ser de diversas formas, a saber:

Figuras 04, 05 e 06 – Bombona plástica / Oleoduto longo (3 fotos) / Oleoduto curto



Fontes das imagens: funverde.org.br / arquivo pessoal / icosaedro.com.br (acesso em 09/11/14)

- Oleoduto longo único no edifício, que percorre todos os pavimentos de moradia, tendo uma boca coletora por andar (em geral dentro do compartimento de coleta de lixo – ver figura 05), levando o óleo até o recipiente de acumulação no térreo;
- Vários oleodutos, sendo 01 a cada prumada de cozinha, com uma boca coletora por cozinha de cada UH, também levando o óleo até o recipiente de acumulação. Este sistema é o mais confortável para os moradores, e o que necessita de menor manutenção. Mas, é também o mais oneroso na implantação, e o que necessita de maior espaço no pavimento inferior (nas descidas de cada prumada de cozinha);
- Oleoduto curto, tendo início em alguma área comum do edifício (em geral no térreo ou outro pavimento ao qual todas as UHs tenham acesso), levando o óleo até o recipiente de acumulação, ao qual apenas os funcionários têm acesso. Este sistema é bem mais simplificado, mas também de possível adesão reduzida, pelo desconforto de cada morador ter de levar seu óleo usado até o local de instalação da boca coletora – ver figura 06.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação das soluções mais adequadas de manuseio do RSD nas habitações multifamiliares do Rio de Janeiro deve levar em consideração diversos fatores, a saber:
- capacidade de gerência do condomínio (definição de responsabilidade pela administração do processo, prioridades dos recursos financeiros etc);
- organização interna e investimentos de infraestrutura e pessoal (espaço e equipamentos para soluções de manuseio, quantidade adequada de funcionários);
- adesão dos moradores às práticas de recolhimento, coleta, segregação de orgânicos X recicláveis, e correta utilização dos equipamentos coletivos dos prédios / condomínios;
- treinamento dos funcionários e campanha educativa constante entre os moradores (sobretudo em condomínios com alta rotatividade, para evitar que os novos moradores utilizem os sistemas de forma incorreta).

Neste contexto, a normatização construtiva é de extrema importância, já que a adaptação de espaços e ambientes para inovar em soluções para resíduos demanda investimento de tempo e dinheiro por parte dos moradores, síndicos e administrações dos prédios / condomínios. Se as edificações já forem construídas com sistemas próprios para tais soluções, a adesão dos usuários será facilitada.

Há que se considerar ainda os fatores da administração pública que influenciam sobremaneira na definição das melhores soluções para manuseio de RSD. É necessário destacar, no contexto do Rio de Janeiro, sobre a COMLURB:

- a capacidade de recebimento e processamento dos resíduos coletados (capacidade dos CTs e Usina de Compostagem, e abrangência da cobertura do serviço de Coleta Seletiva - visando não misturar orgânicos e recicláveis previamente segregados na fonte geradora, nos bairros onde o serviço está disponível);
- adesão dos funcionários aos procedimentos corretos, tanto no serviço de coleta, quanto no trabalho em aterros, CTs e usinas.

É interessante notar que a Lei nº 6408/2013, do Governo do Estado do Rio de Janeiro, obriga as edificações com mais de 3 pavimentos a disponibilizarem recipientes para a Coleta Multisseletiva de recicláveis. Mas, conforme já exposto, o caminhão de coleta da COMLURB mistura novamente todos os recicláveis na compactação. Assim, observa-se também a necessidade de maior coerência entre as decisões das diversas esferas da administração pública em relação ao RSU.

Com o intuito de sistematizar e avaliar comparativamente as soluções disponíveis para manuseio de resíduos em habitações multifamiliares, elaborou-se a Tabela 1.

A coluna **Praticidade** refere-se à quantidade de etapas, agentes e espaço que a solução demanda. Por exemplo: a reciclagem em condomínios demanda, em média, de 2 a 4 etapas (segregação e higienização na UH, armazenagem e prensagem no condomínio), pelo menos 2 pessoas (morador e funcionário do condomínio), e espaço adequado ao volume de resíduos gerado nas UHs.

A coluna **Popularidade** está diretamente relacionada à Praticidade, pois quanto mais prática for a solução, mais pessoas irão aderir, sendo limitadores para isso apenas o custo e a difusão da prática (conhecimento por parte dos usuários). A nota atribuída à Popularidade (alta, média ou baixa) se baseou na observação do contexto do Rio de Janeiro e em leituras sobre o tema, sobretudo da Especificação Técnica da COMLURB, que define o que seria um padrão mínimo obrigatório de solução para manuseio de RSD.

A coluna **Sustentabilidade** levou em consideração a possibilidade de segregação dos resíduos e o consumo de água e energia elétrica no processo.

Por fim, a coluna **Aplicabilidade ao Contexto Urbano do Rio de Janeiro** observou aspectos gerenciais do município, tais como: a capacidade quantitativa dos equipamentos que recebem os resíduos da coleta (aterros e usinas); e os padrões de organização dos espaços definidos na especificação técnica da COMLURB.

Tabela 1: Comparação das soluções disponíveis para manuseio de resíduos em habitações multifamiliares

SOLUÇÕES	PRATICIDADE	POPULARIDADE	SUSTENTABILIDADE	APLICABILIDADE AO CONTEXTO URBANO DO RJ
Contêineres	Média, pois necessita de funcionário para transferir os resíduos	Alta	Média, pois não há segregação dos resíduos	Alta
Tudo de Queda	Alta	Alta	Média, pois não há segregação dos resíduos	Alta
Reciclagem	Média, pois é necessária a segregação na fonte geradora	Média – muitas pessoas vêm se habituando à prática	Média, pois nem todos os resíduos "descartáveis" são passíveis de reciclagem	Média, pois a Usina Municipal não possui condições de receber toda a produção da cidade, e nem todos os recicláveis tem mercado desenvolvido no RJ
Composteira seca	Média, pois demanda tempo de manuseio	Baixa	Alta	Alta
Composteira tipo minhocário	Baixa	Baixa	Alta	Alta
Composteira elétrica	Alta	Baixa (desconhecimento / preço)	Média, pois demanda o uso de água e energia	Alta
Bombonas para Óleo	Baixa	Média – muitas pessoas vêm se habituando à prática	Alta	Alta
Oleoduto no compartimento de lixo	Média, pois o usuário precisa levar o óleo até o compartimento de lixo, para só depois lavar o recipiente onde foi usado	Média – muitas pessoas vêm se habituando à prática	Alta	Alta
Oleoduto nas cozinhas das UHs	Alta	Baixa (desconhecimento)	Alta	Média, pois demanda espaço, e a cidade possui alta especulação imobiliária, além de não haver normas que prevejam a solução
Oleoduto curto	Baixa	Média – muitas pessoas vêm se habituando à prática	Alta	Alta

5. CONCLUSÃO

A partir dos dados expostos neste trabalho, concluiu-se que a **segregação simples de resíduos (recicláveis X orgânicos X rejeitos)** é a solução mais adequada ao atual contexto estrutural da cidade do Rio de Janeiro e sua capacidade de recebimento e processamento de RSU. Aliada a esta, sugere-se o incentivo público à aplicação de alternativas coletivas nos condomínios para segregação do material orgânico (compostagem) e do óleo usado (oleodutos e bombonas).

A segregação multisseletiva entre os recicláveis (plástico X papel X vidro X metal) não faz sentido, já que a coleta seletiva oferecida pela COMLURB mistura todos os tipos de recicláveis no mesmo caminhão. Tal solução também demanda muito mais tempo de manuseio na fonte geradora, o que implica em menor adesão da população, dificultando e onerando o processo.

Nos prédios e condomínios residenciais, a maior parte das UHs e dos ambientes de uso coletivo destinados ao armazenamento de resíduos não dispõem de elementos que permitam maior

praticidade na segregação do RSD. As opções disponíveis atualmente para tal prática demandam investimento de tempo, dinheiro e quantidade de funcionários, conforme exposto neste trabalho.
Neste sentido aponta-se a **necessidade de atualização da Especificação Técnica da COMLURB**, que teria grande impacto em novos empreendimentos, ao obrigar ou prever o uso de alternativas como: oleodutos para óleo de cozinha; soluções diferenciadas e compartimentos isolados para orgânicos e recicláveis; previsão de espaço adequado para prensas ou armazenamento de recicláveis não-prensados etc.
Ressalta-se, por fim, o potencial de contribuição das habitações nas estratégias da Gestão de Resíduos do Rio de Janeiro, dada a sua alta porcentagem de participação na geração e os altos custos investidos na coleta, destinação e disposição final.
Este trabalho se trata de um esforço de sistematização das soluções para manuseio de RSD e suas possibilidades de impacto na gestão pública de resíduos. Sugere-se aprimorar tal sistematização em trabalhos futuros, sobretudo na busca de dados quantitativos e qualitativos em relação ao assunto, e na análise de pontos controversos, tais como: o atual uso obrigatório dos sacos plásticos na oferta de resíduos para coleta pública; a possibilidade de taxação para descarte de determinados materiais na coleta pública, como já existe em outros países; e análises sobre parcerias entre os poderes público e privado na Gestão de RSU.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RENNHACK , Anna Maria de Oliveira, GRIMBERG , Elizabeth, EIGENHEER, Emílio Maciel, RODRIGUES, José Carlos, CARREGAL, Lúcia Thereza Lessa, QUINTANILHA, Moema Sanchez. **Falas em torno do lixo**. Rio de Janeiro: Nova, Iser e Polis, 1992.

MONTEIRO, José Henrique Penido [et al.] **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

Norma COMLURB: SISTEMA DE DOCUMENTAÇÃO COMLURB - SÉRIE "DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA". **SISTEMA DE MANUSEIO DO LIXO DOMICILIAR EM EDIFICAÇÕES**. Rio de Janeiro, 2004 - atualizado em janeiro de 2012. Disponível em: <www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1017211/DLFE-238906.../sistema_manuseio.pdf>

COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana: <www.rio.rj.gov.br/web/comlurb>

SMAC (2016). Secretaria Municipal de Meio Ambiente | Coordenadoria de Resíduos Sólidos: <www.rio.rj.gov.br/web/smac/residuos-solidos>

ALERJ. Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. **Lei nº 6408: TORNA OBRIGATÓRIA TODAS AS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS COM MAIS DE TRÊS ANDARES NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO A DISPONIBILIZAREM RECIPIENTES PARA COLETA SELETIVA DE LIXO**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/c1e79228839eadf983257b2e0062032f?OpenDocument>

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Diretoria Metropolitana - Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Metropolitana. **Efeitos de Óleo e Graxas para a Tratabilidade de Esgotos e Poluição Difusa**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/uploads/file/audiencias_sustentabilidade/Efeitos%20de%20%C3%93leos%20e%20Graxas%20na%20Tratabilidade%20de%20Esgotos%20e%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20Difusa.pdf>

366. REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS E RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O PROJETO PARA DESMONTAGEM COMO ESTRATÉGIA DE PROJETO

CARVALHO, Juliana[*1](julodicarvalho@gmail.com); BORGES, Marcos*[2] *(marcos.borges@engenharia.ufjf.br*
[1]Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil
[2]Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

RESUMO
A construção civil tem grande destaque no crescimento social e econômico de uma nação, mas é também uma das responsáveis por grande parte do impacto ambiental negativo que ocorre atualmente no planeta, principalmente pela grande geração de resíduos. O presente artigo discute a importância das diretrizes do conceito de Projeto para a Desconstrução (PPD) e para a reutilização de materiais advindos dos processos construtivos. Desta forma, o objetivo é demonstrar como as considerações destes aspectos em fases iniciais do processo de projeto podem e devem reduzir os impactos ambientais, além de reduzir custos e possibilitar um maior aproveitamento dos componentes e da edificação, ampliando, desta forma, sua vida útil. Dentre os resultados da pesquisa observa-se que o reuso de componentes construtivos e a reciclagem dos materiais da construção, apesar de não serem considerados conceitos novos, contribuem de forma significativa para resultados sustentáveis de ordem econômica, social e ambiental. Neste sentido, verifica-se que a adoção de estratégias de projeto que envolvam a desconstrução e o reaproveitamento de componentes e materiais usados em uma nova edificação, podem beneficiar todos os atores e organizações envolvidas em um empreendimento, já que acrescentam valor a todo o ciclo de vida do produto. A pesquisa utiliza métodos qualitativos e quantitativos para a coleta de dados e encontra-se em fase de estabelecimento dos indicadores que irão auxiliar na comprovação de benefícios advindos da adoção de estratégias integradas no processo de projeto. Pretende-se apresentar neste artigo os resultados parciais da pesquisa.
Palavras-chave: Reutilização. Desconstrução. Construção Civil. Engenharia Simultânea.

BUILDING SECTOR MATERIALS REUTILIZATION: THE DISASSEMBLY AS A DESIGN GUIDELINE

ABSTRACT
The Building Construction Sector has an important role in the economic and social growth of a nation. However, it has also a big responsibility on the negative environment impacts, mainly by the great waste generation. In this context, this paper discusses the concept of Design for Disassembly and its guidelines among the material's reutilization strategies. The target is to demonstrate that the consideration of those aspects in the early stages of the design process can contribute for many aspects, including environmental impacts, costs, and the building life cycle. Among the research early results, it was verified that the components and materials reuse and recycling and its application in a new building could contribute in diverse aspects along the building lifecycle, including the design process. The research is under development and uses qualitative and quantitative methods to establish performance indicators for a more accurate data acquisition to demonstrate those contributions.
Keywords: Reuse; Disassembly; Building Construction Sector; Simultaneous Engineering.

1. INTRODUÇÃO

Ante a perspectiva dos fortes impactos ambientais consequentes do desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, muitas estratégias vêm sendo pensadas para a minimização de danos e melhoria da qualidade de vida dos indivíduos (KARPINSK, 2009). O público em geral, a mídia, os funcionários públicos e políticos já estão cientes dos danos que o meio ambiente vem sofrendo como resultado de nossas atividades cotidianas (ADDIS, 2010). Com a intensa industrialização, advento de novas tecnologias, crescimento populacional e aumento de pessoas em centros urbanos e diversificação do consumo de bens e serviços, os resíduos se transformaram em graves problemas urbanos com um gerenciamento oneroso e complexo considerando o volume e massa acumulados, principalmente após 1980 (ÂNGULO; ZORDAN E JOHN, 2001).

Atualmente, a reciclagem de materiais tem se fortalecido como um eficiente mecanismo para solucionar e/ou minimizar os problemas oriundos do não gerenciamento dos resíduos gerados pelas atividades antrópicas (OLIVEIRA; MENDES, 2008).

A construção civil é uma das grandes vilãs ao se falar em impactos ambientais aparecendo como a principal geradora de resíduos de toda a sociedade vindos do desperdício e da demolição após o uso (AZEVEDO; KIPERSTOK; MORAES, 2006). Estimativas apontam para uma produção mundial entre 2 e 3 bilhões de toneladas-ano (GESTÃO..., sem data). Segundo levantamento bibliográfico de Leite (2001), os valores de geração de resíduos na área da construção são assustadores e, por si só, já constituem motivo suficiente para que sejam tomadas medidas sérias e rápidas para conter o avanço do problema.

Durante a ECO-92 e a definição da Agenda 21, houve destaque na necessidade de se implementar um adequado sistema de gestão ambiental para os resíduos sólidos (GUNTHER, 2000). O conceito de projeto para desconstrução nasceu dos conceitos de projeto para desmontagem, reuso, remanufatura e reciclagem, oriundos do setor de produtos industriais. Esse conceito busca a redução do impacto e o aumento de lucros relacionados com o ciclo de vida de uma construção através da reciclagem e do reuso de materiais e componentes de uma edificação (ROMEIRO FILHO, 2010).

2. OBJETIVO

O presente artigo discute a importância das diretrizes do conceito de Projeto para a Desconstrução (PPD) e para a reutilização de materiais advindos dos processos construtivos com o objetivo de demonstrar como as considerações destes aspectos em fases iniciais do processo de projeto podem e devem reduzir os impactos ambientais, além de reduzir custos e possibilitar um maior aproveitamento dos componentes e da edificação, ampliando desta forma, sua vida útil. Os princípios devem ser utilizados na fase de concepção do processo do projeto como instrumento de auxílio ao projetista na escolha de materiais, de soluções de projetos e de processos construtivos assim como a preocupação com o reuso e a reciclagem desses materiais, seu processo de fabricação e montagem.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Com um caráter descritivo exploratório proporcionando uma visão geral acerca dos fatos abordados, a pesquisa tem uma metodologia qualitativa e quantitativa onde a coleta dos dados em fase de estabelecimento dos indicadores, pretende auxiliar na comprovação de benefícios advindos da adoção de estratégias integradas no processo de projeto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Addis (2010) há três motivos principais pelos quais o reaproveitamento e a reciclagem de produtos e materiais de construção civil já são uma realidade e apresentarão crescimento nos próximos anos: Reduzir o impacto ambiental causado pela construção civil, trazer benefícios aos projetos de construção e melhorar a reputação dos profissionais envolvidos com esse setor.
O desperdício de materiais na construção civil ocorre de diferentes etapas do empreendimento podendo ocorrer na concepção do projeto, execução da obra ou na utilização da construção pelos usuários (GIMENES e PICCHI, 2008).

4.1 A construção civil no Brasil

A construção civil é caracterizada como uma atividade produtiva da construção que envolve a instalação, reparação, equipamentos e edificações de acordo com as obras a serem realizadas. Segundo o Código 45 da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) do IBGE, relacionam-se com as atividades da construção civil as atividades de preparação do terreno, as obras de edificações e de engenharia civil, as instalações de materiais e equipamentos necessários ao funcionamento dos imóveis e as obras de acabamento, contemplando tanto as construções novas como as grandes reformas, restaurações e manutenção corrente (OLIVEIRA, 2012).
A partir da ECO 92, vários países começaram a ter uma preocupação maior com os impactos ambientais da construção civil, estabelecendo assim suas próprias Agendas e criando diferentes tipos de sistemas de avaliação. Com isso, para que se reduza a degradação ao meio ambiente e se melhore o conforto ambiental, o projeto para desconstrução entra em pauta e deve ser pensado desde a concepção do projeto até a demolição da edificação, integrando todos os profissionais envolvidos de todas as etapas da construção (SILVA et. Al, 2003).
A partir da década de 80, os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) se transformaram em um grande problema social e econômico advindos da grande quantidade de resíduos que aumentaram consideravelmente, provocando a escassez de área de deposição desses resíduos causando dessa forma problemas de saneamento público, alto custo para o gerenciamento e contaminação ambiental (PINTO, 1999).
A indústria da construção civil no país é crescente e infere o desenvolvimento econômico para a geração de empregos (SARAIVA, 2013). É uma atividade que está intimamente ligada a fatores do setor que contribui para o desenvolvimento regional, geração de empregos e mudanças para a economia (OLIVEIRA, 2012) assim como implica em uma melhoria de renda para a população mais carente dando emprego para os desempregados independente do baixo nível de grau de escolaridade que tenham.

4.2 Resíduos da construção e demolição

A indústria da construção civil é responsável por impactos ambientais, sociais e econômicos consideráveis, em razão de possuir uma posição de destaque na economia brasileira, fazendo-se necessário uma política abrangente para o correto destino dos resíduos gerados.
Os resíduos de construção e demolição (RCD) são gerados nas atividades de construção, reforma ou demolição e constituídos por um conjunto de materiais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, madeiras e compensados, argamassa, gesso, entre outros (ÂNGULO, 2005). A preocupação com a reciclagem desses resíduos vem se intensificando nos últimos anos apesar da técnica ser utilizada dede a antiguidade. A reciclagem de RCD como material de construção civil iniciou-se na Europa após a segunda guerra mundial e encontra-se no Brasil, muito atrasada (ÂNGULO, ZORDAN e JOHN, 2001).

Os RCD representam, em média, 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos (JOHN, 2000), tanto no Brasil como em outros países. Em 2002, com a aprovação da resolução 307 do CONAMA, ficaram estabelecidos critérios e procedimentos para a gestão de RCD no Brasil (CONAMA, 2002) já que se observava a frequência cada vez maior das disposições irregulares e os aterros clandestinos, ocasionados pela falta de gerenciamento.
As empresas privadas de construção devem desenvolver projetos de gerenciamento específicos e o poder público deve oferecer uma rede de coleta e destinação ambientalmente correta para os pequenos geradores (ÂNGULO, TEIXEIRA, CASTRO, NOGUEIRA, 2011).

4.3 A reciclagem de resíduos e desenvolvimento sustentável

Desenvolvimento sustentável é um processo participativo que integra aspectos econômicos, ambientais, culturais, políticos, legais, sociais, técnicos do ponto de vista coletivo ou individual. O problema ambiental gerado pelos resíduos depositados de forma desregrada em aterros clandestinos, acostamentos e rodovias deve ser resolvido visando preservar o meio ambiente. A resolução do CONAMA nº 307/02 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a Gestão dos Resíduos da Construção Civil e cria a cadeia de responsabilidades.
A reciclagem de resíduos oriundos da construção civil no Brasil ainda é tímida, com exceção da intensa reciclagem praticada pelas indústrias de cimento e aço (ÂNGULO; ZORDAN e JOHN, 2001).
O reuso de componentes construtivos e a reciclagem de matérias não são conceitos novos. Até o século XIX esta era uma prática comum em todo o mundo e, nos dias de hoje, continua sendo em países subdesenvolvidos (ADDIS, 2010). Em muitos países, os governos nacionais, estaduais e municipais já dispõem de políticas de construção sustentável, o que inclui o comprometimento em minimizar resíduos gerados e maximizar a quantidade de materiais e produtos reutilizados e reciclados (ADDIS, 2010).
Os principais obstáculos para o reaproveitamento e a reciclagem de materiais, segundo Addis (2010), são a falta de familiaridade com o assunto e a falta de noção do que se pode fazer e como se pode fazer. Para que a construção civil tenha um desenvolvimento sustentável, é necessário que haja um processo que leve a mudanças na exploração de recursos, na direção de investimentos, orientação do desenvolvimento tecnológico e mudanças institucionais visando harmonia das aspirações e necessidades humanas presentes e futuras (ÂNGULO; ZORDAN e JOHN, 2001), um conceito multidisciplinar envolvendo mudanças culturais, educação ambiental e engajamento das pessoas (BRANDON, 1998).

4.4 Projeto para desconstrução

O aproveitamento de resíduos para desenvolvimento de materiais e processos construtivos vem do conhecimento de aplicações adequadas. Atualmente existe a consciência das empresas da necessidade de encontrar alternativas para tratar os insumos produzidos, buscando reduzir o impacto ambiental causado por eles (SARAIVA, 2013).
A reutilização e reciclagem já são usadas no setor industrial como ferramenta para amenizar o impacto ambiental e é na construção civil que surge o conceito de Concepção para a Desconstrução (MATTARAIA e FABRICIO, 2011).
No final do século passado iniciou-se uma maior preocupação para a elaboração de manuais de desmontagens. O projeto para desconstrução faz com que os arquitetos pensem em como o edifício deve ser desmontado desde a etapa da concepção do projeto. Segundo Kibert (2003), algumas atitudes podem acelerar a implantação desse processo, como projetar a edificação e seus componentes já pensando no reuso, na reciclagem ou remodelagem e promover incentivos para o reuso de antigas construções.

No final do século que se passou houve início uma maior preocupação para a elaboração de manuais de desmontagem que sirvam para auxiliar no processo de concepção de escolha de materiais utilizados, facilitando dessa forma a reciclagem e reutilização de uma edificação e de seus componentes. Sem a existência de um projeto para desconstrução há a possibilidade de que os componentes que foram destinados à reutilização da construção sejam destruídos desnecessariamente (ABDOL & BALACHANDRAN, 2000). Segundo esses autores, as tarefas relativas ao projeto para desconstrução devem ser detalhadas e realizadas com muita precisão em todas as suas fases.

4.5 Diretrizes para o projeto de desconstrução

Existem dois tipos de Sistemas de Avaliação Ambiental disponíveis no mercado, aqueles desenvolvidos de fácil absorção e os sistemas com maior embasamento científico e uma metodologia complexa (SILVA *et. Al*, 2003).

De acordo com Guy e Shell (2000), o projeto para desconstrução surgiu de conceitos de projeto para desmontagem, reuso, remanufatura e reciclagem adaptado à construção civil. O principal objetivo é o aumento da eficiência econômica de uma edificação e a redução de impactos ambientais causados pela construção civil, através da reutilização de um prédio, reuso, reciclagem e manufatura de componentes e materiais, da construção civil. Na desconstrução deve-se ter um alto grau de refinamento para separar os materiais, tanto para reuso quanto para reciclagem, procurando reutilizar o material ou componente com função equivalente a que esse usava na construção original (SARAIVA, 2013).

Segundo Addis (2010), a palavra desconstrução é o processo de desmontar os componentes de uma determinada edificação causando o menor dano possível onde a intenção é a reutilização de alguns de seus componentes após um processo de recondicionamento ou reforma, incluindo a reciclagem dos materiais. O processo pode ocorrer em uma reforma, na adaptação de um prédio ou no fim da vida útil de uma construção (SARAIVA, 2013). Enquanto a desmontagem, segundo Addis (2010), é um processo reversível de desmontar os componentes de um artefato, sem causar danos cuja intenção é a remontagem do artefato novamente, o reuso é a colocação de elementos novamente em uso com outra função ou com sua função original sem que haja reprocessamento que mude suas propriedades originais.

Por se tratar de um assunto relativamente novo no Brasil e por ser uma pesquisa em andamento, foi elaborado de forma simples e de fácil absorção um quadro com propostas para a elaboração de diretrizes de projeto para desconstrução (conforme quadro 1 abaixo) conforme a realidade brasileira. Essa proposta de diretrizes pretende contribuir como fonte de informação para os principais envolvidos na questão.

Quadro 1. Propostas de diretrizes

ID	Diretriz Geral	Diretrizes Específicas	Exemplos
1	*SIMPLIFICAÇÃO*		
	Simplificação de sistemas construtivos	Redução de tipos de materiais utilizados;	Alvenaria estrutural
		Redução de tipos de componentes;	Especificação de componentes que desempenham mais de uma função
		Componentes com mais de uma função;	Telhas fotovoltaicas
		Redução de peso de componentes;	
		Desenho ergonômico de componentes.	

2	*FLEXIBILIDADE*		
	Adaptação a diferentes situações	Redução do uso de elementos de vedação tradicionais (paredes em alvenaria);	Estratégias de projeto que possibilitam espaços multifuncionais
		Utilização de elementos de vedação pré-moldados ou pré-fabricados;	Divisórias termo acústicas; Parede *Drywall;* Painéis com preenchimento em poliuretano (PU)
		Utilização de sistemas estruturais que permitem o lançamento de grandes vãos.	Lajes nervuradas; Lajes pré-moldadas; Treliças espaciais.
3	*PADRONIZAÇÃO*		
	Modularidade e utilização de elementos e componentes pré-fabricados	Utilização de componentes pré-fabricados;	Elementos estruturais em concreto pré-moldado;
		Utilização de sistemas pré-montados;	Painel com sistema hidráulico embutido; Sistema elétrico aparente ou acoplado em painéis de vedação pré-fabricados;
		Utilização de conexões padronizadas.	Conectores de elementos estruturais e de vedação em chapa de metal aparafusada.
4	*FACILIDADE DE ACESSO AOS SISTEMAS DA EDIFICAÇÃO*		
	Independência entre sistemas e camadas construtivas	Projeto de sistemas e camadas independentes;	
		Facilidade de acesso às camadas;	Instalações aparentes sempre que possível; Componentes com menores ciclos de vida em camadas mais acessíveis;
		Utilização de conexões mecânicas	Encaixes; Uniões mecânicas aparafusadas; Pavimentos com bloco intertravado.

5	*FATORES DE SUSTENTABILIDADE*		
	Utilização de estratégias ambientais no projeto e no processo construtivo	Utilização de tecnologias limpas para o conforto térmico	Projeto solar passivo; Dispositivos de proteção solar (brises e venezianas); Sistemas de iluminação natural; Sistemas de ventilação natural.
		Reaproveitamento de águas pluviais	Utilização de águas pluviais em processos de lavagem e esgoto sanitário
		Utilização de estratégias e soluções tecnológicas para a redução de resíduos no processo construtivo	Modularização de alvenaria; Projeto de canteiro de obras; Gestão de resíduos no canteiro.
		Atendimento a legislação no que se refere aos aspectos de redução de consumo de energia e de impactos ambientais.	Adoção de instruções normativas oficiais (MPOG); Adoção de recomendações de sistemas de certificação ambiental.
6	*ORGANIZAÇÃO / GESTÃO*		
	Adoção de estratégias organizacionais que viabilizem o projeto para desconstrução	Elaboração de projetos com aplicação do conceito de Engenharia Simultânea	Integração entre as áreas de conhecimento na fase de concepção, documentação e ao longo do processo construtivo; Documentação detalhada de projeto e processos construtivos.
		Utilização intensa de tecnologias que possibilitem o fluxo de informações ao longo do ciclo de vida do projeto, da construção e do uso da edificação	Uso de recursos de Tecnologia da Informação (TI); Uso de recursos de prototipagem virtual; Uso de ferramentas digitais para a gestão do processo de projeto.
		Adoção de conceitos de manutenção desde a etapa de concepção do projeto	Utilização de recursos para a rastreabilidade de materiais e componentes.

Fonte: elaborado pelos autores.

5. CONCLUSÃO

São inúmeros os benefícios que o enfoque na sustentabilidade traz ao meio ambiente a partir do momento que os projetistas adotam a postura preventiva durante as decisões de projeto. A cadeia de construção civil tem como desafios para o alcance da sustentabilidade, problemas ligados à

informalidade do setor, baixa percepção da influência da construção na sustentabilidade além de formação de recursos humanos mais motivados e tecnicamente capacitados nos aspectos da construção sustentável (RODRIGUES, 2009).

O principal motivo para reuso ou reciclagem de materiais e produtos é reduzir o impacto que nossa sociedade causa no meio ambiente (BERGE apud ADDIS, 2010). Segundo Addis (2010), a maneira como é conduzida a construção de novos prédios ou reforma de prédios antigos tem grande impacto no meio ambiente que pode se manifestar de diversas maneiras seja com o esgotamento dos recursos naturais não renováveis, seja a poluição do ar pelos processos de industrialização e transporte rodoviário, seja pela degradação da paisagem natural.

Cerca de 1% das empresas nacionais já foram assistidas para a implantação de planos de gerenciamento de RCD em canteiros, sendo esse percentual composto de construtoras de médio e grande porte (MIRANDA, ÂNGULO, CARELI, 2009). A coleta, o reuso e a reciclagem de produtos e materiais usados podem beneficiar os contratantes ou as construtoras já que acrescentam valor ao projeto (ADDIS, 2010). A utilização de materiais mais duráveis, com menores energias incorporadas ou recicláveis constituem alternativas para uma maior sustentabilidade dos materiais de construção (TORGAL, JALALI, 2007).

Espera-se que o trabalho em questão ajude os profissionais envolvidos no setor através de informações sobre os tipos de modificações que podem ser feitos durante o projeto e o ciclo de vida de uma edificação para que dessa forma os edifícios possam ser trabalhados sem maiores danos às edificações melhorando sua eficiência e reduzindo o custo da edificação durante seu ciclo de vida. O estudo não tem a intenção de definir padrões, mas sim de destacar a importância da escolha dos materiais e processos de construção desde a concepção que beneficiem a reutilização e reciclagem gerando a redução do impacto ambiental gerado pelas edificações.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora, à CAPES/CNPQ e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOL, R. C.; BALACHANDRAN,S. **Anticipating and responding to deconstruction through building design,** In: Design for deconstruction and material reuse, CIB Publication 272, paper n. 14, Karlsruhe, Germany, 2000.

ADDIS, Bill. **Reuso de materiais e elementos de construção**. Oficina de textos, 2010.368p.

ANGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos.** 2005. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ANGULO, S.C.; TEIXEIRA C.E.; CASTRO A.L.; NOGUEIRA T.P. **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação.** Artigo tecnico. Eng. Sanit. Ambient. V.16. n.3. jul/set 2011

ÂNGULO, S.C.; ZORDAN, S.E.; JOHN, V.M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil.** In: IV Seminário Desenvolvimento sustentável a reciclagem na construção –

práticas recomendadas, 2001, São Paulo. IV Seminário Desenvolvimento sustentável a reciclagem na construção – práticas recomendadas, 2001.

AZEVEDO, G. O. D. de; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. **Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável.** Engenharia Sanitaria e Ambiental JCR, v.11, p.65-72, 2006.

BRANDON, P.S. **Sustainability in management and organization: the key issues.** In: CIB BUILDING CONGRESS – MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION, Suiça, 1988. Proceedings. Suiça, 1998. P. 1739-47.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n º 307, de 05 de julho de 2002: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

GIMENES, D.; PICCHI, F. **Gestão da Qualidade em projetos e execução de reformas em edifícios comerciais.** XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído, ENTAC. Fortaleza – Ceará, 2008.

GUNTHER, W.M.R. **Minimização de resíduos e educação ambiental.** In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA, 7. Curitiba, 2000. Anais. Curitiba, 2000.

GUY, B.; SHELL, S. Design for deconstruction and material reuse. In: Design for deconstruction and material reuse, CIB Publication 272, paper n. 15 Karlsruhe, Germany, 2000.

_____.,**Gestão de Resíduos na Construção Civil: redução, reutilização e Reciclagem**, sem data. Disponível em: <www.fieb.org.br/Conteudo/Livro-Gestao-de-Residuos_pdf.> Acesso em: 17 nov. 2015

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição a metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000. 102 p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KARPINSK, L. A...[et \l.]. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil:** uma abordagem ambiental. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163 p.

KIBERT, C. J**. Deconstruction: the start of a sustainable materials strategy for the built environment,** Director, Powell Center for Construction and Environment, University of Florida, Gainesville, Florida ,USA, 2003.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (Tese de Doutorado).** Escola de Engenharia Civil da universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

MATTARAIA, L. F.; FABRÍCIO, M. M. **Aplicação do conceito design for disassembly (dfd) na construção civil.** In: Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura, VIII, 2011

OLIVEIRA, E. G. de; MENDES, O. **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: estudo de caso da resolução 307 do Conama**. Goiânia, Julho 2008

OLIVEIRA, Valéria Faria. **O papel da Indústria da Construção Civil na organização do espaço e do desenvolvimento regional.** Congresso Internacional de Cooperação Universidade-Indústria. Taubaté (SP), 2012.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RODRIGUES, G. F. .**Cadeia Produtiva da Construção Civil: uma análise sobre a competitividade e sustentabilidade.** In: Global Forum América Latina - Call For Action Nordeste 2009, 2009, João Pessoa - PB. Cadeia Produtiva da Construção Civil: uma análise sobre a competitividade e sustentabilidade, 2009.

ROMEIRO FILHO, E. ; FERREIRA, C. V.; MIGUEL. P. A., C. ; GOUVINHAS, R., P. ; NAVEIRO, R., M. **Projeto do produto**, Elsevier Editora Ltda, Rio de Janeiro, 2010, 408 p.

SILVA, V.G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes ebase metodológica**. *Tese de Doutorado*, São Paulo. EPUSP. 2003. 210p.

TORGAL, F.P.; JALALI, S. **Construção sustentável. O caso dos materiais de construção.** Congresso Construção 2007, Coimbra, Portugal, 2007

369. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

CARVALHO, Juliana L.[*1](julodicarvalho@gmail.com); CRUZ, Tairine Cristine Bertola[1](tbertolacruz@hotmail.com); CASTANON, José Alberto B.[1] (*jose.castanon@ufjf.edu.br*); AMARAL, Wilian D. H. do[1] (wilian.amaral@engenharia.ufjf.br)*
[1]Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

RESUMO
A construção civil apresenta-se como grande geradora de resíduos sendo considerada uma das grandes vilãs ao se falar em impactos ambientais. O presente trabalho visa abordar os valores dessa geração de resíduos na área da construção, constituindo motivo suficiente para que sejam tomadas medidas sérias e rápidas para conter o avanço do problema. O objetivo do trabalho é demonstrar como esses resíduos poderiam ser reaproveitados, reciclados e/ou reutilizados da melhor maneira e aplicação. O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Obras de Construção Civil visa minimizar tais resíduos, assim como reduzir gastos com seu tratamento e disposição final, beneficiando assim empresas, visto que sua implementação economizará e melhorará sua produção. O trabalho constitui-se na aplicação de uma metodologia de produção mais limpa e onde o método apresentado pode ser utilizado para qualquer tipo de construção. Espera-se com esse trabalho que a reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) no país, se consolide como uma prática importante para a sustentabilidade seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor, seja reduzindo os custos da obra. Através da pesquisa, conclui-se que há possibilidade de minimizar os resíduos derivados de processos construtivos, demonstrando os benefício ambientais e econômicos resultantes da implementação da metodologia.
Palavras-chave: Construção Civil; Gerenciamento de resíduos sólidos; Produção Mais Limpa; Reciclagem.

SOLID WASTE MANAGEMENT IN CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT
Civil construction presents itself as a major waste generator and is considered one of the great villains when it comes to environmental impacts. The present work aims to address the values of this generation of waste in the construction area, providing sufficient reason to take serious and rapid measures to contain the progress of this problem. The objective of the work is to demonstrate how these wastes could be reused, recycled and / or reused in the best way and application. The Solid Waste Management Plan in Civil Construction Works aims to minimize such waste, as well as reduce costs with its treatment and final disposal, benefiting companies, since its implementation will save and improve its production. The work is the application of a Cleaner Production Methodology and these method presented can be used for any type of construction. With this work, the recycling of construction and demolition waste (RCD) in the country is expected to consolidate as an important practice for sustainability, either by mitigating the environmental impact generated by the sector or by reducing construction costs. Through the research, it is concluded that there is a possibility of minimizing residues derived from construction processes, demonstrating the environmental and economic benefits resulting from the implementation of the methodology.
Keywords: Civil Construction; Solid Waste management; Cleaner Production; Recycling.

1. INTRODUÇÃO

Tudo o que nos cerca um dia se transformará em resíduo. Segundo Rocha e John (2003), considerando-se que o processo de extração de matérias-primas e a produção de bens também geram resíduos, em qualquer sociedade, a quantidade de materiais descartados supera a quantidade de bens consumidos.

A indústria da construção civil exerce significativo impacto sobre a economia de uma sociedade, seja pela geração de emprego ou pelo desenvolvimento da infraestrutura urbana (SOARE; SOUZA; PEREIRA, 2006). Porém, a falta de formalização dos processos e de acompanhamento do planejamento de uma obra, contribuem para o alto índice de desperdícios de materiais identificados neste setor. Além da questão ambiental, o desperdício também impacta em um aumento no custo final do empreendimento (LUCHEZZI; TERENCE, 2013).

Nota-se, segundo Oliveira e Mendes (2008), uma geração de grande quantidade de entulho, evidenciando um desperdício irracional de material desde sua extração, passando pelo seu transporte e chegando à sua utilização na obra. Ainda segundo esses autores, é preocupante a falta de segregação desses materiais que vão para descarte, o que gera a contaminação dos mesmos que poderiam ser reciclados e empregados novamente nas construções.

As primeiras pesquisas científicas envolvendo o uso de agregados reciclados de Resíduos de Construção Civil (RCD) no Brasil foram realizadas por Pinto (1986) em argamassas, Bodi (1997) em pavimentos, Levy (1997) também em argamassas e Zordan (1997) em concretos (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI, 2009).

Pinto (1987 *apud* ZORDAN, 1997) afirma que a composição do entulho na construção civil pode ser caracterizada por: 64% de argamassa, 30% de materiais como tijolo, telhas e blocos e cerca de 6% de resíduos de concreto, pedra, areia, metais e plásticos.

Em 2002, foi homologada a resolução CONAMA 307, na qual definiu que grandes geradores públicos e privados então obrigados a desenvolver e implementar um plano de gestão de RCD, visando a reutilização, reciclagem ou outra destinação ambientalmente correta (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI, 2009).

A reciclagem, além de preservar o meio ambiente, pode gerar oportunidades de obtenção de novos materiais que também podem ser reaproveitados dentro da cadeia produtiva da construção civil gerando novos negócios (LUCHEZZI; TERENCE, 2013).

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho é demonstrar como os resíduos oriundos da construção civil podem e devem ser reciclados e reutilizados, apresentando e analisando uma metodologia de produção mais limpa.

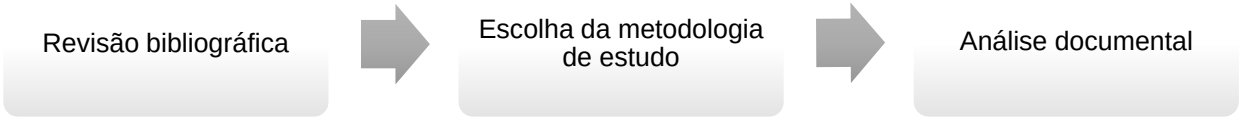
2.2. Objetivos específicos

- Identificação de oportunidades de uma produção mais limpa para o setor da construção civil;
- Apresentação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Obras visando minimizar os resíduos gerados;
- Apresentar os benefícios ambientais obtidos com essa implementação;
- Estudar as possíveis barreiras para essa implementação.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O desenvolvimento do trabalho partiu de uma revisão bibliográfica em âmbito internacional, seguida da escolha de uma metodologia pertinente à compreensão do tema. Sob o ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada de cunho descritivo, com a finalidade de proporcionar mais informações e conscientização sobre a importância do desenvolvimento de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. A figura 1 apresenta um fluxograma sobre as etapas metodológicas.

Figura 1. Fluxograma sobre as etapas metodológicas.



Fonte: elaborado pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Desenvolvimento Sustentável

Acompanha-se nos dias atuais como o ser humano está destruindo o meio ambiente. O crescimento das cidades, as indústrias, os veículos, todas as novas tecnologias estão causando cada vez mais transtornos para o ar, o solo e a água. O desenvolvimento é necessário, mas o homem precisa respeitar o meio ambiente já que dependemos dele para sobreviver neste planeta (DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2016).

Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), também conhecida por Comissão Brundtland criada pelas Nações Unidas, a definição mais aceita para desenvolvimento sustentável é aquele que não esgota os recursos para o futuro (WWWF-BRASIL, 2016).

A busca por um mundo mais equilibrado do ponto de vista social, ambiental e econômico, segundo Araújo (2002), fez surgir a ideia de que as questões ambientais, bem como sociais, deveriam ser incorporadas aos princípios do crescimento econômico como uma saída para a manutenção da qualidade de vida. É importante que haja viabilidade econômica nas ações voltadas para a produção de bens e serviços, porém, estes não devem de forma alguma comprometer o futuro das próximas gerações. Portanto, é necessário que haja harmonização entre desenvolvimento econômico, preservação do meio ambiente e acesso a serviços públicos de qualidade, assim como qualidade de vida e uso racional dos recursos naturais.

De forma geral, segundo Rocha e John (2003), as pesquisas de reciclagem de resíduos se limitam a aspectos do desenvolvimento técnico do material. É importante considerar-se que a composição do resíduo pode variar em função dos materiais disponíveis em cada região, bem como da tecnologia e da qualidade da mão de obra ofertadas (LUCHEZZI e TERENCE, 2013).

4.2. Produção Mais Limpa (P+L)

A produção em larga escala proposta como meta para o segmento industrial mundial fez com que, por muito tempo, não houvesse a devida atenção a aspectos que impactam direta e indiretamente ao meio ambiente. A Produção Mais Limpa (P+L) é a expressão que designa práticas preventivas. Segundo a Divisão de Tecnologia Indústria e Economia do Programa das Nações Unidas para o

Meio Ambiente (UNEP), P+L é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva para processos, produtos e serviços, que visa aumentar a eficiência global e reduzir os riscos às pessoas e ao meio ambiente (CIESP, 2016). Ela diferencia-se da abordagem convencional pela forma como enxerga o sistema produtivo no campo ambiental e apoia-se tanto em mudanças tecnológicas quanto na forma de seu gerenciamento (SILVA FILHO, CALABRIA, SILVA, MEDEIROS, 2006).
Sendo assim, verifica-se, segundo Werner, Bacarji e Hall (2009) a consolidação da metodologia de P+L como um importante instrumento para aumentar a competitividade, a inovação e a responsabilidade ambiental no setor produtivo brasileiro.
Segundo Silva Filho et al (2006), enquanto a abordagem convencional não focaliza os processos nem interpreta as ações e consequências, a P+L visualiza as atividades, efetua análises necessárias, faz diagnóstico e indaga as causas e efeitos das suas ações.
Segundo Lerípio (2001), os princípios de produção mais limpa surgiram nos anos 80 com uma campanha para mudança mais profunda do comportamento industrial no qual as tecnologias mais limpas, segundo Getzner (2002), levam a um aumento de produtividade resultante de economia de custos e racionalização dos resultados nos processos produtivos.
O Greenpeace descreveu algumas características que uma organização mais limpa deveria buscar. Conforme a Fundação Vanzolini (1998) são elas:

- Auto sustentabilidade de fontes renováveis de matéria prima;
- Redução no consumo de água e energia;
- Prevenção da geração de resíduos tóxicos e perigosos na fonte de produção;
- Reutilização e reaproveitamento de materiais por reciclagem de maneira atóxica e energia eficiente;
- Geração de produtos de vida útil longa, seguros e atóxicos, para o homem e meio ambiente, cujos restos (incluindo embalagens) tenham reaproveitamento atóxico;
- Reciclagem para as opções de manejo ambiental representadas por incineração e despejo em aterros.

Segundo Werner, Bacarji e Hall (2009) a P+L adota uma abordagem preventiva, em resposta à responsabilidade financeira trazida pelos custos de controle da poluição e dos tratamentos finais dos resíduos. Ainda segundo os autores, de modo geral, ela questiona a necessidade real do produto ou procura outras formas pelas quais essa necessidade poderia ser satisfeita ou reduzida. Desta forma, segundo Silva Filho et al (2006), a P+L é uma ferramenta que prima pela melhoria da conduta ambiental das organizações podendo proporcionar redução significativa de custos de produção e aumento de eficiência e competitividade assim como reduzir a poluição, geradora de penalidades. Gera também melhoria nas condições de saúde e de segurança dos trabalhadores, maior satisfação da clientela além de melhoria da imagem da empresa.
O P+L têm alguns estágios divididos desde o planejamento, onde busca-se estabelecer e possibilitar o bom andamento do programa na empresa, diagnóstico onde busca-se o conhecimento do posicionamento atual da empresa em relação ao meio ambiente, até a avaliação e monitoramento e continuidade do programa onde o objetivo principal é levantar os dados concretos e atualizados analisando e determinando quais as opções existentes do projeto. (SILVA FILHO, CALABRIA, SILVA, MEDEIROS, 2006).

4.3. Processo de gestão do resíduo

Considerando o processo de gestão de resíduos como um processo tradicional, se não perigoso, é tratado como produto. Os processos de gestão do resíduo afetam as características dos mesmos,

incluindo as possibilidades de reciclagem. Para o processo de reciclagem é importante determinar o valor médio e também a variabilidade de cada aspecto relevante do resíduo, visto que o processo deve ser desenhado para absorver a maior parcela possível dos mesmos. Em alguns casos, esses resíduos recebem tratamentos para facilitar seu manuseio. É de extrema importância que o transporte e a estocagem destes não sejam misturados para que não haja contaminação no material.

No caso de resíduos de construção e demolição, por exemplo, Rocha e John (2003) abordam o fato de caçambas, colocadas junto ao meio-fio, serem contaminadas por outros tipos de resíduos, como restos de comida e até mesmo móveis velhos. Ainda na construção civil, abordam o fato da existência de tubulação de descida de resíduos e caçamba únicas, onde ficam misturadas fases diferentes do processo da obra, dificultando assim a reciclabilidade desse material.

Outro aspecto relevante é quanto ao tempo de estocagem, podendo causar transformações no resíduo tornando mais aguda a contaminação ambiental (ROCHA e JOHN, 2003).

A reciclagem de resíduos exige que os procedimentos de manejo e estocagem passem a ser controlados, alterando processos internos de uma instalação (ROCHA e JOHN, 2003). Essas alterações podem ser de difícil implantação muitas vezes por limitação de espaço, de custo ou até mesmo por motivos culturais.

A seleção de usos potenciais para os resíduos é uma etapa decisiva no processo de desenvolvimento de mercado para os resíduos. Conforme Rocha e John (2003), sua aplicação não deve partir de ideias pré-concebidas, mas sim em função das características do resíduo e de suas fases e condições do mercado local. Segundo os autores, as melhores aplicações são aquelas que melhor aproveitam as características físico-químicas que o resíduo apresenta no todo ou em suas diferentes fases.

5. CONCLUSÃO

Durante décadas, o processo de degradação ambiental cresceu vertiginosamente, acreditando-se que o crescimento econômico, por si só, proporcionaria melhores condições de vida para a sociedade (WERNER; BACARJI; HALL, 2009). Conforme Figueiredo (2004), a sociedade passou a exigir da indústria a adoção das melhores técnicas, não sendo suficiente somente atender a determinados padrões ambientais já que a sociedade toma cada vez mais consciência da importância ambiental de todos e não somente de parcela da população.

A transformação de resíduos em produtos oferece grandes oportunidades para aumentar a sustentabilidade social e ambiental mas pode oferecer riscos ambientais e também para a saúde dos trabalhadores. Quando há pesquisa e desenvolvimento adequado no que diz respeito aos resíduos, os riscos diminuem aumentando a probabilidade desse novo produto ter sucesso no mercado, principalmente quando há multidisciplinaridade de tarefas.

A maneira mais prática de reunir grande variedade de conhecimento é envolver no processo de uma empresa uma equipe multidisciplinar que analise as características dos resíduos e sugira alternativas de reciclagem para tal produto. Do ponto de vista tecnológico, segundo Rocha e John (2003), as aplicações possíveis para um resíduo podem ser grande e o objetivo desta etapa é determinar quais dessas aplicações possuem mais probabilidade de serem implementadas em uma situação específica de mercado considerando os impactos ambientais, saúde dos trabalhadores e usuários além da viabilidade de mercado.

Segundo Rocha e John (2003), na engenharia, quando é dada uma necessidade dentro de seu processo, busca-se uma matéria prima que atenda a essa necessidade. No caso dos resíduos, o caminho é inverso. Dispõe-se de um produto e buscam-se nichos de mercado que ele possa atender.

De um modo geral, verifica-se que a metodologia para a implementação da P+L é de fundamental importância para as indústrias já que visa otimizar o consumo de matérias-primas, água e energia, reduzindo assim custos operacionais e ainda reduzindo a geração de resíduos (WERNER; BACARJI; HALL, 2009), porém ainda não é vista pelas organizações como uma ferramenta estratégica.

Conclui-se que essa metodologia proposta é um importante instrumento para alcançar os requisitos propostos pelo desenvolvimento sustentável apesar de ainda não ser utilizada nas empresas brasileiras como uma prática diária já que as empresas acreditam que necessitariam de novas tecnologias para a sua implementação (FONSECA; MIRANDA, REZENDE, SANTIAGO, CAMARANO, 2013). Segundo esses autores, a eliminação ou diminuição da geração de resíduos nos processos produtivos é uma ação que deve integrar estratégias que reforcem sua posição no mercado, promovendo satisfação dos clientes e atingindo os objetivos de desempenho ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora, à CAPES/CNPQ e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, Alexandre Feller. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de Construção Civil.** 2002. 1’20 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CMMAD. **Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento:** nosso futuro comum. Rio de Janeiro: FGV, 1998.

DESENVOLVIMENTO Sustentável. **Sua pesquisa.com.** Disponível em: <http://www.suapesquisa.com/ecologiasaude/desenvolvimento_sustentavel.htm>. Acesso em: 02 out. 2016.

FIGUEIREDO, V. F. **Produção mais limpa nas pequenas e micro empresas: elementos inibidores.** In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis. Anais di XXIV ENEGEP, 2004.

FONSECA, R. A.; MIRANDA, A. B. L.; REZENDE, J. L. P.; SANTIAGO, T. M. O.; CAMARANO, L. G. . **Produção mais limpa: uma nova estratégia de produção.** 2013. (Apresentação de Trabalho/ Seminário).

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Prevenção de resíduos na fonte e economia de água e energia.** São Paulo, 1998.

GETZNER, M. **The quantitative and qualitative impacts of clean Technologies on employment.** Journal of Cleaner Production, Great Britain, v.10, p. 305-319, 2002.

GREENPEACE. Report on line: o que é produção limpa. Disponível em: <www.greenpeace.org.br>. Acesso em: 14 de out. 1997.

LERÍPIO, Alexandre. **Gaia:** um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LUCHEZZI, C. TERENCE, M. C. **Logística reversa aplicada na construção civil.** Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, v13, p. 144-160, 2013.

MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, S. C.; CARELI, E. D. . **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986 – 2008.** Ambiente Construído (Online), v. 9, p. 57-71, 2009.

OLIVEIRA, E. G de.; MENDES, O. **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: estudo de caso da resolução 307 do Conama. 2008.**

PRODUÇÃO Mais Limpa (P+L). **CIESP.** Disponível em: <http://www.ciesp.com.br/acoes/producao-mais-limpa-pl/>. Acesso em: 25 out. 2016.

ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional.** Porto Alegre: ANTAC, 2003. – (Coleção Habitare, v. 4).

SILVA FILHO, J. C. G.; CALABRIA, F. A.; SILVA, G. C. S.; MEDEIROS, D. D. de. **Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como Ferramenta de Melhoria Contínua**. Produção (São Paulo), v.18, p. 1, 2006.

SOARES, S. R.; SOUZA, D. M.; PEREIRA, S. W. **A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil** (coleção Habitare vol 7). In: Editores Miguel Aloysio Sattler; Fernando Oscar Ruttkay Pereira.. (Org.). Construção e Meio Ambiente. 1 ed. Porto Alegre: ANTAC, 2006, v. 7, p. 96-127.

WERNER, E. de M.; BACARJI, A. G; HALL, R. J. **Produção mais limpa: Conceitos e definições metodológicas.** In: VI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2009, Resende / RJ. VI SEGeT, 2009.

WWWF-BRASIL. **O que é desenvolvimento sustentável?** Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/>. Acesso em: 17 out. 2016.

374. RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA LAS VIVIENDAS DE ESCASOS RECURSOS Y CONDICIONES PRECARIAS DE HABITABILIDAD DE MEDELLÍN - COLOMBIA

VALDERRAMA, Harold*[1] (harold.valderrama@upb.edu.co); GONZALEZ, Alexander [1] (alexander.gonzalez@upb.edu.co) VALENCIA, Victoria (victoriavalencia@pvgarquitectos.com)
[1] Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje (GAUP-UPB), Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, Colombia.
[2] PVG Arquitectos, Colombia.

RESUMEN.
El valle de aburra, ubicado en Antioquia, Colombia, hace más de 50 años ha tenido un desarrollo y crecimiento acelerado, debido al proceso de migración del campo a la ciudad. Medellín es el núcleo del valle gracias a sus características, con una precipitación mensual de 161mm, temperaturas promedias de 17° a 28°, un promedio de 60 afluentes, y más de 600 corrientes, lo que resulta ser una ciudad privilegiada. El desplazamiento de los migrantes a los asentamientos ilegales en las periferias de la ciudad, genera principalmente problemas de inequidad, un mayor índice de problemas ambientales, económicos y sociales, siendo los estratos más bajos los mayores consumidores de agua potable con un consumo del 79% debido a su densidad poblacional (AMVA & UPB, 2015). Actualmente a nivel nacional no se cuenta con las políticas necesarias para promover el cuidado y adecuado uso de los recursos naturales, por lo que el agua, es el principal recurso afectado por las malas prácticas de los ciudadanos, siendo este recurso usado para actividades que no requieren de agua potable. De acuerdo con lo anterior se busca hacer un sistema de recolección de aguas lluvias. Con ello un sistema que trate el agua en un nivel que pueda ser útil, para reutilizarla en las diferentes actividades domésticas. Para gestionar el cambio en el uso del agua potable, se escogen estudios de caso, principalmente con terrazas, cubierta. Para analizar y cuantificar la cantidad de agua lluvia captada en un determinado momento, y saber cuánto es el abastecimiento que se realiza con esa cantidad de agua. Generando una disminución en la demanda del agua potable, y un cambio económico en el pago del servicio de acueducto. Los resultados de la investigación, pretenden demostrar que, si se aprovecha las aguas lluvias, solo es necesario un consumo mínimo de agua potable para nuestro abastecimiento, generando así una rehabilitación en las fuentes hídricas.
Palabras-clave: vivienda popular, recolección aguas lluvias, reciclaje aguas grises, agua potable.

IMPROVEMENT OF THE CONSTRUCTIVE-ARCHITECTURAL SYSTEM FOR SUSTAINABLE HABITAT AND THE QUALITY OF LIFE OF PEOPLE IN LOW-RESOURCE HOUSES IN THE MEDELLÍN HILLS

ABSTRACT
The Aburra Valley, which is located in Antioquia, Colombia, more than 50 years ago has had an accelerated development and growth due to migration issue from the countryside to the city. Medellin, is considered the valleys core due to some characteristics, the monthly precipitation of 161 mm, temperatures between 17°C and 28°C, more of 60 watercourses and 600 streams are just some of those. All of this make the city one of the most attractive cities of the country, having as a result new migration illegal settlements to the outer edge of the city. The displacement of migrants to illegal

settlements in the outskirts of the city, mainly the problems of inequality, a higher index of environmental, economic and social problems, the lower strata the largest consumers of drinking water with a consumption of 79% Due to its population density. (AMVA & UPB, 2015). Currently the country does not have enough political support for promoting natural sources care. The water is the most affected source, being used for the human being for doing some activities that do not need drinking water. Taking into account the above information, in this project it will be planned a rainwater harvesting system, which will allow people to reuse water at a level that may be useful in some housework chores. In order to manage the change in the use of drinking water, some study cases with roofs or terraces will be chosen to analyze and to quantify the amount of rainwater collected at any given time. At the same time, it will be important the supply that is made with that amount, generating a decrease in the demand for drinking water, and an economic change in the payment of aqueduct service. The results of the research are intended to demonstrate that by using rainwater it will be necessary just a minimum of drinking water for our supply, generating in that way, a water sources rehabilitation and economic benefit for the community in aqueduct service.
Keywords: Popular housing, rainwater harvesting, gray water recycling, drinking water.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países más ricos a nivel mundial en diversidad medio ambiental e hidrografía, *"En Colombia, cerca del 56% del territorio se encuentra cubierto bosques"* (Mojica, 2009) pero ciertamente el país tiene una notable desigualdad, en la distribución de beneficios fundamentales como el acceso al agua potable en ciudades y regiones, donde las poblaciones no cuentan con agua potable, presentando casos de personas adultas, jóvenes y niños con desnutrición y deshidratación. Se puede afirmar que esta situación se debe a condiciones del cambio climático, la deforestación de bosques húmedos y la degradación de los ecosistemas ribereños. El IDEAM - Colombia afirma, que sí estos procesos y las actuales políticas de explotación de recursos naturales continúan sin regulación, las condiciones de abastecimiento hidrológico para el 60% de la población colombiana, podría estar en alto riesgo, con un incremento del 6% para el año 2025.

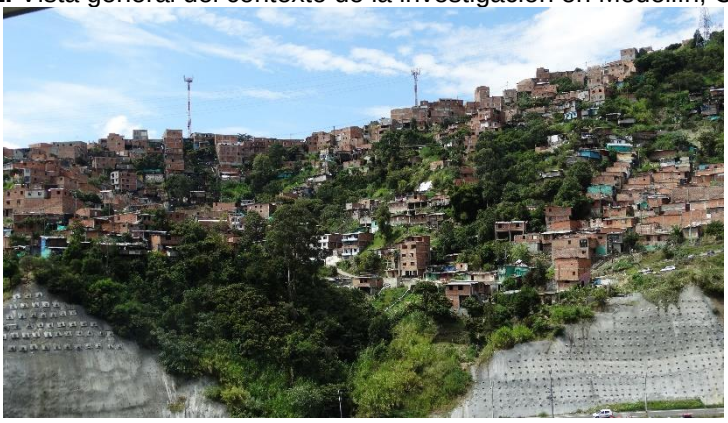
En Colombia la mitad de su población se encuentra bajo circunstancias de pobreza, y más de 3.5 millones de personas, han sido desplazadas de su origen a otras ciudades y regiones, debido al conflicto armado por el que ha vivido el país, generando una de las mayores crisis humanitarias. La mayoría de estos desplazados se asentaron en periferias urbanas, bajo condiciones precarias y se han asentado en barrios, sin ningún tipo de servicios ni acceso a una vida digna.

Estos problemas se incrementan y actualmente la disponibilidad de agua decrece, frente al crecimiento de la población urbana. Según el informe del Instituto Nacional de Salud (INS), solo el 15,1% de la población urbana de Colombia utiliza agua en buenas condiciones para consumo humano, mientras que el 43,6% usa agua con bajo nivel de tratamiento o protección y el 23,3% se expone a agua sin tratamiento con una media de 20 enfermedades, que pueden ser provocadas por la contaminación de este recurso, siendo las más comunes, hepatitis A, fiebre tifoidea/paratifoidea y diarrea aguda, entre otras.

En la ciudad de Medellín 720.187 (98,5%) viviendas cuentan con agua potable y 10.691 (1,5%) no cuentan con este recurso (TABARES, 2010), pero la condición de desarrollo urbano de la ciudad, ubicación, clima y oportunidades de empleo, incrementa las condiciones de destino migratorio, generando nuevos asentamientos informales en las zonas de ladera, con riesgos de salubridad, malas condiciones de vida por la irregularidad del terreno y su topografía. La mayoría de viviendas en estos sectores no cuentan con el sistema de servicios públicos, equipamientos para el desarrollo

educativo, seguridad que cubra una sana calidad de vida y un entorno irregular de tejido urbano para el desarrollo de vías e infraestructura, que posibilite a los habitantes de estos lugares conectarse a la actividad de la ciudad, o para los sistemas de asistencia el ingreso para prestar servicios o ayuda (ISVIMED, 2015).

Figura 1. Vista general del contexto de la investigación en Medellín, Colombia



Como respuesta a los problemas asociadas al desarrollo informal de la ciudad y su necesaria dependencia del agua potable como primer factor de bienestar y dignidad, se presenta el desarrollo de esta investigación, la cual pretende proponer estrategias para aprovechar y utilizar las aguas lluvias y grises, para minimizar al máximo el uso de agua potable en actividades que no necesiten de esta calidad de agua, por medio de la adecuación en las viviendas, de un sistema que recolecte y limpie el agua lluvia, para su uso en actividades domésticas.

2. OBJETIVO GENERAL

Determinar la viabilidad del desarrollo de un prototipo de sistema de recolección de aguas lluvias, de bajo costo de ejecución y fácil acceso, para adecuarlo a las viviendas de escasos recursos de la ciudad de Medellín, como una alternativa de uso de agua no potable para las actividades domésticas que no requieran esta calidad de agua.

3. METODOLOGÍA

Esta investigación se llevó a cabo en la línea de Hábitat Sostenible e innovación tecnológica del Grupo de Investigación en Arquitectura, Paisaje y Urbanismo de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, en el cual se desarrolló un trabajo documental, para proponer sistemas alternativos al uso de agua potable en actividades domésticas, por medio de la recolección de aguas lluvia, según la disponibilidad de este recurso en la ciudad. A partir de este proceso, se espera, además, determinar los beneficios económicos en las viviendas de bajos recursos de sectores informales de Medellín, que no cuentan con la posibilidad de tener acceso a la prestación de servicios públicos.
El desarrollo de la investigación plantea dos etapas: la selección de tres viviendas como caso de estudio, y el desarrollo de una propuesta de recolección de aguas lluvias, como modelo de gestión de este recurso natural, con análisis de impacto económico en las viviendas. En la primera etapa, se desarrollaron levantamientos arquitectónicos de tres viviendas localizadas en la periferia urbana de la ciudad de Medellín, para determinar la materialidad presente y las condiciones necesarias

para la disposición de un sistema de recolección de aguas lluvias. Se analizan las condiciones de espacios disponibles como jardines, patios interiores, aceras y zonas comunes que puedan proyectarse como un plan de mejoramiento barrial, bajo un modelo comunitario de recolección de agua lluvia. Este análisis se apoya en fotografía documental y el desarrollo de planos técnicos, que permitan proponer intervenciones en cada una de las viviendas analizadas.
En la segunda etapa de la investigación, se analiza el posible desempeño del sistema de aguas lluvias propuesto, frente a un escenario económico que relaciona los consumos mensuales de agua potable y saneamiento, para determinar la viabilidad de implementación de las reformas necesarias para el sistema, estableciendo las tasas de retorno que se obtienen por el ahorro en agua potable.

3.1. Descripción de los casos de estudio

Los casos de estudio seleccionados están localizados en el Barrio Manrique San Pablo, Comuna 1 de Medellín y se categorizaron en tres niveles:

1. Vivienda en condiciones de pobreza extrema
2. Vivienda en condiciones estables de habitabilidad
3. Vivienda en condiciones desfavorables de habitabilidad

3.1.1. Vivienda 1: Condición de pobreza extrema

Esta vivienda cuenta con 8 habitantes, 5 adultos y 3 niños, que habitan un área construida de 85m^2. El consumo de agua potable es de 78,28m^3 al año. La vivienda tiene condiciones precarias para los habitantes, no tiene conexión al sistema de energía pública y el servicio de agua potable se presta por medio de tarjeta prepago, debido a que esta familia tiene ingresos económicos estables.

Figura 2. Cubiertas caso de estudio 1.



Para solventar sus necesidades de acceso al agua, los habitantes de esta vivienda tienen un sistema de recolección de aguas lluvias con recipientes plásticos, que no cuentan con un correcto proceso de almacenamiento y poca eficiencia en la obtención del recurso. (Figura 3).

Figura 3. Caso de estudio 1, vivienda en condiciones de pobreza, métodos de recolección de aguas lluvias



3.1.2. Vivienda 2: Condiciones estables de habitabilidad

Esta casa está habitada por 4 personas adultas en un área de 90m^2, quienes consumen 147m^3 de agua potable al año. La configuración de la vivienda presenta una correcta espacialidad y buena infraestructura, está localizada en un tercer nivel y cuenta con cobertura total en servicios públicos, soportado en un nivel de ingresos estables.

Figura 4. Caso de estudio 2



En esta vivienda se dispone de una cubierta con tejas de fibrocemento sobre una zona de terraza, el cual facilita la recolección de aguas lluvias con un sistema de canaletas para su posterior almacenamiento y uso en actividades domésticas que requieren de agua no potable.

Figura 5. Sistema de cubierta en tejas para recolección de aguas lluvias.



3.1.3 Vivienda 3: Condiciones desfavorables de habitabilidad.

Esta vivienda está habitada por 7 personas, tres adultos mayores, dos adultos y dos niños, quienes ocupan un área de 37m^2 y un consumo anual de 256m^3 de agua potable. El principal problema de esta vivienda es la espacialidad reducida para 7 personas, además de presentar problemas de ventilación e iluminación natural.

Figura 6. Caso de estudio 3



La vivienda presenta cobertura de servicios públicos y se soporta con ingresos económicos estables. Aunque en esta vivienda no se cuenta con un sistema de desagües de lluvias adecuado, se presenta la posibilidad de aprovechar el área de cubierta y terraza para recolectar y transportar por medio de canaletas y tuberías, agua lluvia hasta un tanque de almacenamiento localizado en un patio interior de la casa.

Figura 7: Caso de estudio No. 3. Zona de superficie para la recolección de agua lluvia.



4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Consumo de agua en cada caso de estudio

Durante el proceso de visita a cada caso de estudio se realizó un análisis de consumo de agua potable anual, con datos de facturación registrados mes a mes, para verificar la relación entre el uso del agua potable con el costo económico que representa para cada uno de estos hogares.

4.1.1. Caso de estudio 1

Esta vivienda 1 no cuenta con conexión directa al sistema general de agua potable de la ciudad, por lo tanto, su abastecimiento depende de una acometida regulada por un mecanismo prepago, en donde hacen una preventa de agua con una inversión de aproximadamente $1,70 USD, con lo que se obtiene aproximadamente un 1,63 m^3, cantidad de agua que genera abastecimiento suficiente para una semana, siendo necesario entonces cuatro recargas con un valor de $ 6.8 USD al mes. La situación que se evidencia en este caso, es un consumo de agua potable limitado por sus necesidades económicas, considerando la situación que viven las 8 personas que conforman

este hogar con un consumo de 6,52 m^3. En este caso se destaca la necesidad de suplir parte de la demanda de agua en la vivienda con la recolección de agua lluvia, realizado de manera instintiva y con baja eficiencia, mediante el uso de botellas plásticas y canecas. Esta condición de pobreza extrema, conlleva entonces una necesaria optimización del uso de agua potable frente a usos no potables, limitando la compra de agua para la cocción de alimentos y consumo directo de las personas, mientras que el agua lluvia se usa para las demás necesidades, sin embargo, el sistema de recolección usado no posibilita almacenamiento de agua para periodos de sequía o baja incidencia de lluvias.

4.1.2. Caso de estudio 2

En esta vivienda se presenta un sistema de conexión convencional de agua potable, al sistema de servicios públicos de la ciudad, donde el consumo del servicio presenta una variación menor mes a mes, relacionada con los hábitos regulares de las 4 personas que habitan esta vivienda, quienes por estudio y trabajo permanecen gran parte del día fuera de la vivienda, destinando el uso de agua potable para aseo personal y la preparación de alimentos. En la Tabla 3 se presenta un balance del consumo de agua potable mes a mes, según la facturación realizada por la empresa prestadora de servicios durante el año 2016.

.

Tabla 3: Consumo de agua potable del caso de estudio 2 según facturación de servicios.

Meses	Total Mes (m^3)	Pers/mes (m^3)	Pers/mes (lt)	Pers/dia (lt)	$USD m^3/agua	$ USD m^3/mes
Enero	14	3,5	3500	117	$0,55	$ 7.75
Febrero	13	3,25	3250	108	$0,55	$ 7.20
Marzo	9	2,25	2250	75	$0,55	$ 4.98
Abril	11	2,75	2750	92	$0,55	$ 6.09
Mayo	12	3	3000	100	$0,55	$ 6.64
Junio	11	2,75	2750	92	$0,55	$ 6.09
Julio	14	3,5	3500	117	$0,55	$ 7.75
Agosto	13	3,25	3250	108	$0,55	$ 7.20
Septiembre	14	3,5	3500	117	$0,55	$ 7.75
Octubre	12	3	3000	100	$0,55	$ 6.64
Noviembre	12	3	3000	100	$0,55	$ 6.64
Diciembre	12	3	3000	100	$0,55	$ 6.64
Totales	147	36,75	36750			$ 81.38

El consumo medio mensual de esta vivienda es de 13,3 m^3 de agua potable para 4 personas, con un pago aproximado de $6,87 USD, condición que contrasta fuertemente con el caso de estudio 1, donde la inversión mensual en agua es muy similar, pero obtienen solo el 50% del agua, según se describió previamente.

4.1.3. Caso de estudio 3

En esta vivienda se presenta, respecto al caso de estudio 2, un mayor consumo de agua potable, debido a que es una familia más numerosa y tienen un tiempo de permanencia mayor en el hogar. En la tabla 4 se presenta el consumo de agua potable de esta vivienda y los costos mensuales asociados a este servicio según la facturación mensual de la empresa prestadora del servicio.

Tabla 4: Consumo de agua potable del caso de estudio 3 según facturación de servicios.

Meses	Total Mes (m^3)	Pers/mes (m^3)	Pers/mes (lt)	Pers/dia (lt)	$USD m^3/agua	$ USD m^3/mes
Enero	21	3	3000	100	$0,55	$11.63
Febrero	21	3	3000	100	$0,55	$11.63
Marzo	21	3	3000	100	$0,55	$11.63
Abril	23	3,29	3286	110	$0,55	$12.73
Mayo	19	2,71	2714	90	$0,55	$10.52
Junio	20	2,86	2857	95	$0,55	$11.07
Julio	23	3,29	3286	110	$0,55	$12.73
Agosto	22	3,14	3143	105	$0,55	$12.18
Septiembre	22	3,14	3143	105	$0,55	$12.18
Octubre	22	3,14	3143	105	$0,55	$12.18
Noviembre	21	3	3000	100	$0,55	$11.63
Diciembre	21	3	3000	100	$0,55	$11.63
Total	256	36,57	36571	1219		$141.71

El consumo de agua potable de esta familia es un promedio de 22 m^3 mensuales, cercano a duplicar el consumo del caso 2 y cuatro veces el consumo del caso 1, condición que determina un importante potencial de ahorro por eficiencia en el uso de agua lluvia.

4.2. Potencial de captación de agua lluvia

En la ciudad de Medellín según los datos estadísticos del IDEAM, es posible contar con un nivel de pluviosidad anual superior a los 1600 mm, a pesar de ser una ciudad de clima templado andino tropical. Este potencial de agua lluvia podría generar un abastecimiento total a la ciudad si se aprovechara tan solo el 60% del recurso disponible (Gómez et al, 2009).

Tabla1: Precipitación promedio mensual en mm y m^3 en la ciudad de Medellín.

Mes	Precipitación/ mes (mm)	Precipitación/ mes (m3)	días - lluvia
Enero	61,4	0,061	12
Febrero	76,1	0,076	13
Marzo	120,6	0,121	17
Abril	163,1	0,163	21
Mayo	199,5	0,200	24
Junio	147,7	0,148	18
Julio	118,9	0,119	16
Agosto	154	0,154	20
Septiembre	171,7	0,172	22
Octubre	221	0,221	25
Noviembre	151,1	0,151	21
Diciembre	87,8	0,088	15
Precipitación /año	1672,9	1,67	224

Con estos datos se proyectó una capacidad potencial de captación de agua lluvia, en cada una de las viviendas que constituyen los casos de estudio.

Tabla 2: Potencial de agua lluvia que puede ser captada en los casos de estudio

	Área Vivienda	Área de captación (m^2)	Precipitación anual (mm)	m3
Vivienda 1	85m2	80,84	1672,9	135,2
Vivienda 2	90m2	26,6	1672,9	44,50
Vivienda 3	37m2	37	1672,9	61,90

La relación entre la precipitación y áreas de captación de techo, determina un potencial de agua lluvia disponible para tareas domésticas no potables, siendo el Vivienda 1 la que más presenta potencial de captación, debido al área de techo disponible, la vivienda 2 a pesar de ser la de mayor área construida tiene el menor potencial de captación de agua lluvia en techos.

4.2.1. Potencial de ahorros en el caso de estudio 1
En el caso de esta vivienda se puede estimar un potencial de captación de agua lluvia de 135 m^3 al año, el cual representa un 173% del consumo de agua potable anual, establecido en 78,2m^3, situación que permite determinar que el problema de acceso al agua de esta familia, podría mejorarse con la implementación de un sistema de potabilización de agua lluvia, para cubrir la demanda faltante de este recurso.

4.2.2. Potencial de ahorros en el caso de estudio 2
La implementación de un sistema de captación de agua lluvia en el caso de estudio 2, podría determinar un ahorro de 44,5 m^3, equivalentes a un ahorro anual aproximado de $24 USD, una vez que este recurso pueda ser destinado para usos no potables.

4.2.3. Potencial de ahorros en el caso de estudio 3
En este caso de estudio, el potencial de ahorro anual de agua potable, por reemplazo con aguas lluvias para usos no potables, se estima en 61,90 m^3 que equivalen a $34 USD aproximados al año.

5. CONCLUSIONES

A partir del análisis de las tres viviendas de escasos recursos, el ahorro mensual promedio de agua potable en una vivienda es de 3.5 m^3 al mes, lo que respecta al año, seria de 42m^3 por vivienda. Con estos datos, se muestra que con el uso del sistema de recolección de aguas lluvias se puede realmente mitigar la escasez de este recurso.
Las viviendas que en su totalidad cuentan con cubiertas como techos en tejas de barro, o fibrocemento, tienen mayor posibilidad de recolectar un importante potencial de agua pluvial, gracias a su área de captación, lo que permite que puedan aprovechar más el recurso.
De acuerdo con la investigación, hay muchas posibilidades de hacer un sistema que recolecte las aguas lluvias y poder reutilizarlas, sin necesidad de hacer una gran inversión, incluyendo métodos y materiales reciclables.
Debido a que éste proyecto consiste únicamente en la investigación conceptual de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, y un desarrollo a partir de datos recolectados, no se tiene nivel de los detalles de instalación y construcción del sistema.

REFERENCIAS

AMVA & UPB. (2015). Linea Base. 1. Factores físicos y bióticos determinantes del lugar. En A. M. Bolivariana, *Política Pública de Construcción Sostenible* (pág. 17). Medellín, Colmbia.

AMVA & UPB. (2015). Linea base. 2. Características socioconómicas y dinámicas de ocupación. 2.1 Características socioeconómicas. En Á. M. Bolivariana, *Política Pública de Construcción Sostenible* (págs. 39, 43, 45, 46, 51). Medellín, Colombia.

AMVA & UPB. (2015). Linea Base. 4. Intensidad del metabolismo urbano. 4.1. Oferta, disponibilidad, usos e impactos del recurso hídrico. En A. M. Aburrá, *Políticia Pública de Construcción Sostenible* (págs. 73, 76, 77, 78). Medellín, Colombia.

Dra Claudia Lucia Mojica Sánchez. (2009). SITUACIÓN ACTUAL AMBIENTAL EN COLOMBIA. *Cap&Cua*, numero1 - colombia.

JOHN WILLIAM TABARES MORALES - Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia. (2010). *CONDICIONES DEL AGUA PARA CONSUMO.* Antioquia.

RCCCV. (2015). *agua y desarrollo sostenible.* COLOMBIA.

Tovar, C. A. (2009). Capítulo 5: 1990-2007 Desarrollo urbano, políticas urbanísicas y de vivienda. 5.2. La vivienda y el hábitat en Colombia. 5.2.1. Algunos rasgos de la problemática de la vivienda en Colombia. En C. A. Tovar, *Ciudad Informal Colombia: Barrios construidos por la gente* (págs. 89, 91). Bogotá, Colombia.: Universidad Nacional del Colombia.

UNESCO. (2006). *2° informe - El agua, una responsabilidad compartida.*

391. REÚSO DE EFLUENTE INDUSTRIAL TRATADO PARA ABASTECIMENTO DE BACIAS SANITÁRIAS – ESTUDO DE CASO

FERREIRA, Matheus D. C.[1] (matheusferreira@upf.br);TESSARO, Sidinei A.[1](121110@upf.br); FERNANDES, Vera M. C.[1](cartana@upf.br); FIORI, Simone [1](sfiori@upf.br); SCORTEGAGNA, Vinícius [1](viniciuss@upf.br); GIL, Anelise S. L. [1](anelise.gil@upf.br)*
Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
As indústrias, de modo geral, utilizam grande quantidade de água em seus processos produtivos, consequentemente gerando grandes quantidades de efluentes que demandam tratamento adequado para que sejam lançados nos corpos hídricos. Neste sentido, a adoção de projetos de reúso de efluentes tratados representa uma alternativa que pode ser atraente economicamente, mas acima de tudo sustentável. As leis vigentes que regulamentam os padrões de lançamento de efluentes especificam rígidos critérios que devem ser observados pelos geradores, prevendo severas penas. Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a viabilidade do reúso de efluente tratado proveniente de uma indústria de artefatos de borracha, visando a utilização em bacias sanitárias. Foram realizadas análises quantitativas e qualitativas do efluente tratado e comparadas com os padrões recomendados para o reúso pretendido. Também foi realizada uma estimativa do volume de efluente necessário para suprimento da demanda nos locais de uso em bacias sanitárias na própria indústria, juntamente com o dimensionamento do reservatório de armazenagem do efluente tratado na saída da estação de tratamento. Foi elaborada e detalhada a sistemática de funcionamento do sistema de modo a prever o abastecimento com água potável em casos de falta de efluente tratado. A possibilidade de ampliação do sistema de reúso também foi levada em consideração, sendo que os componentes dimensionados adotaram a hipótese de futuras ampliações de demandas. Com a análise dos parâmetros físico-químicos do efluente, foi possível concluir que há viabilidade qualitativa para o projeto de reúso pretendido, pois todos os parâmetros analisados atenderam os níveis recomendados para a utilização pretendida. Além disso, a quantidade de efluente gerada também foi superior à demanda calculada, tornando-se assim viável o reúso do efluente tratado em bacias sanitárias da indústria.
Palavras-chave: tratamento de efluente, reutilização, sustentabilidade, indústria.

TREATED INDUSTRIAL EFFLUENT REUSE FOR SUPPLY OF SANITARY BOWLS – CASE STUDY

ABSTRACT
Industries generally use a large amount of water in their production processes, consequently generating large quantities of effluents that demand appropriate treatment to be released into the water bodies. In this sense, the adoption of treated effluent reuse projects represents an alternative that may be economically attractive, but above all sustainable. Current laws regulating effluent discharge standards specify rigorous criteria that should be observed by generators, providing for severe penalties. Thus, the present search has as general objective to evaluate the viability of the reuse of treated effluent from a rubber artifact industry, aiming at the use in sanitary bowls.
Were realized quantitative and qualitative analyzes of the treated effluent and compared with the recommended standards for the intended reuse. Was also an estimate of effluent needed to supply the demand in the sanitary bowls of the industry, together with sizing of the storage tank for the

treated effluent at outlet of the treatment station. Was elaborated and detailed the systematics of the system operation in order to predict the supply with potable water in situations of lack of treated effluent. The possibility of expansion of the reuse system was also taken into account, being that the dimensioned components adopted the hypothesis of future extensions of demands. With the analysis of physico-chemical parameters of the effluent, it was possible to conclude that there is a qualitative viability for the reuse system intended, since all parameters analyzed obtain the recommended levels for the intended use. In addition to this, the amount of effluent generated was also higher than the calculated demand, thus making it possible to reuse treated effluent in sanitary bowls of the industry.
Keywords: effluent treatment, reuse, sustainability, industry.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de abundância de água ainda hoje é muito forte, principalmente no Brasil, um dos países que mais dispõe deste recurso. Porém, a análise mais incisiva da condição brasileira demonstra um cenário totalmente diferente.

O Brasil é considerado um dos países mais ricos em recursos hídricos naturais do mundo, apresentando vazões médias geradas de 180 mil m³/s. Porém, a sua grande variabilidade climática se reflete em uma distribuição territorial desigual dos recursos hídricos disponíveis. Enquanto a região com maior escassez de água apresenta disponibilidade hídrica inferior a 100 m³/s (Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental), na Região Hidrográfica Amazônica a disponibilidade é extremamente elevada, atingindo vazões de 74 mil m³/s (ANA, 2010).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2017), no ano de 2015 cerca de 83,3% da população do Brasil eram atendidos com abastecimento de água tratada.

A escassez de água é uma realidade não apenas nas áreas de clima desfavorável, mas também nas regiões com grande concentração populacional, como é o caso das áreas metropolitanas (ANÁLISE GESTÃO AMBIENTAL, 2007).

Na atual situação econômica e social, as instituições tanto públicas como privadas buscam se adequar às legislações vigentes e também buscam a sustentabilidade em seus projetos. Neste contexto, a indústria também busca aumentar sua competitividade, otimizando custos e recursos.

1.1 Reúso de Efluentes Tratados

A prática do reúso ainda é uma realidade distante da maioria da população e das empresas. Mas antes de se adotar esta prática, são necessários estudos a fim de se certificar de que a qualidade do efluente seja adequada a utilização desejada, fazendo-se uma avaliação potencial com dados concretos dos efluentes tratados, padrões normativos de emissão e também aplicações ou utilização final dos mesmos.

A disponibilidade de efluente, bem como a qualidade requerida para os mais diversos usos pretendidos, é que determinam normalmente a técnica de tratamento necessária para a prática do reúso. Dependendo da aplicação específica que se pretende fazer da água de reúso, os padrões de qualidade requerem tratamentos adicionais com vistas a remoção dos nutrientes, redução da demanda de oxigênio, remoção de sólidos suspensos, cor, sabor, odor e também a neutralização dos organismos patogênicos (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

O reúso planejado da água pode ser utilizado para fins potáveis ou não potáveis. Para o reúso não potável, segundo SABESP (2016) podem ser enquadradas algumas aplicações, como a lavagem de veículos; uso interno de águas em edificações públicas, industriais, comerciais ou residenciais; sistemas decorativos aquáticos; entre outras. Algumas destas aplicações apresentam um consumo elevado de água, como por exemplo as bacias sanitárias. Em termos quantitativos de consumo, de acordo com Eriksson et al. (2002), em uma edificação a bacia sanitária é considerada uma das

maiores consumidoras de água e passou a ser objeto de estudos e pesquisas passando por grande evolução tecnológica tendo o selo hidráulico redesenhado, volume de descarga seletivo, válvula de acionamento temporizada, entre outros, tendo o consumo específico reduzido com essas medidas. Assim, segundo Rodrigues (2005), a redução da necessidade de utilização de água potável em bacias sanitárias e mictórios deve ser ressaltada, visto que o processo necessário para tornar a água potável demanda de uma série de investimentos com coleta, tratamento e distribuição.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a viabilidade do reúso de efluente tratado proveniente de uma indústria de artefatos de borracha, visando a sua utilização em bacias sanitárias.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O local definido para o estudo de caso deste trabalho foi uma indústria de produção de artefatos de borracha, mais especificamente, peças para conserto e reparo de pneus. A empresa está situada no município de Nova Prata, RS. Atualmente a unidade da empresa conta com aproximadamente 700 funcionários, sendo estes distribuídos em três turnos de trabalho.

Na etapa inicial do estudo, foi realizado o levantamento das etapas do sistema de tratamento de efluentes utilizado na indústria.

Os efluentes provenientes da indústria são divididos em duas linhas: efluente industrial e efluente sanitário. Os mesmos chegam até a estação de tratamento (ETE) através de tubulações, por bombeamento e também por gravidade.

O efluente industrial é constituído por: água de resfriamento; purga de torres de resfriamento e caldeira; efluentes do laboratório; efluente de sabão e desmoldante dos setores de mistura. Já o efluente sanitário da indústria provém de chuveiros, lavatórios e bacias sanitárias.

A primeira etapa do tratamento é o processo físico-químico, que trata apenas o efluente industrial. Após, ocorre a separação do lodo e do efluente clarificado gerado. O lodo segue para ser prensado e retirado excesso de umidade, enquanto o efluente clarificado segue para o processo biológico.

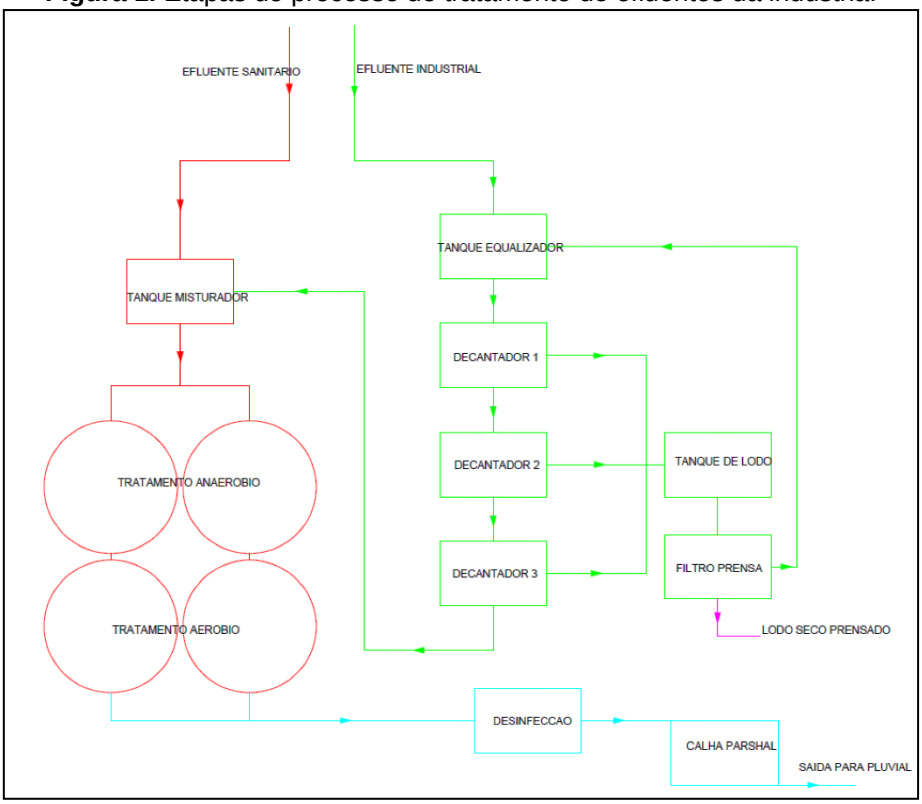
Os efluentes industriais e sanitários são misturados em um reservatório e em seguida são direcionados para o processo biológico.

O tratamento biológico adotado é o Sistema Modular de Tratamento de Esgoto Mizumo. Este processo ocorre em quatro etapas distintas: tratamento anaeróbio, tratamento aeróbio, decantação secundária e desinfecção.

O controle de vazão de efluente final despejado no corpo receptor, neste caso a rede pública, é feito através de calha Parshall e também de medidor eletrônico. A capacidade de tratamento da ETE é de 75 m³/dia.

As etapas do processo de tratamento de efluentes da indústria são apresentadas na Figura 1.

Figura 1. Etapas do processo de tratamento de efluentes da indústria.



Posteriormente foi realizada a análise quantitativa e qualitativa do efluente gerado pela estação de tratamento da indústria.

Na análise quantitativa, foi obtida a quantidade de efluente gerada pela ETE com base no ano de 2015, sendo feita uma média diária de geração.

Na análise qualitativa, a partir dos relatórios de laboratório obtidos também no ano de 2015, determinou-se os diversos parâmetros físico-químicos constituintes do efluente gerado pela ETE da indústria.

A partir da análise qualitativa, foi realizado um comparativo dos parâmetros obtidos do efluente gerado pela ETE da indústria com os parâmetros para reúso em bacias sanitárias recomendados pelo SINDUSCON – SP (2005), juntamente com os valores da licença de operação da indústria, emitido pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). Através da comparação, foi possível avaliar se o efluente tradado tem ou não condições para o reúso em bacias sanitárias existentes na unidade da indústria.

Após a realização das análises quantitativas e qualitativas do efluente, foi feita uma estimativa do volume de efluente necessário para suprimento da demanda nos locais de uso em bacias sanitárias da indústria, juntamente com o dimensionamento do reservatório de armazenagem do efluente tratado na saída da estação de tratamento.

A estimativa de demanda de consumo diário levou em consideração o tipo de consumo, neste caso, bacias sanitárias e o número de funcionários, ou usuários do sistema. Para o dimensionamento do reservatório, levou-se em consideração a possibilidade de ampliação da planta industrial e aumento da demanda de consumo. O dimensionamento do sistema de reúso foi realizado conforme a norma

NBR 5626 (ABNT, 1998). Também, foi elaborada e detalhada a sistemática de funcionamento do sistema de modo a prever o abastecimento com água potável em casos de falta de efluente tratado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Quantitativa e Qualitativa do Efluente Tratado

Através dos dados obtidos sobre a quantidade de efluente gerada pela estação de tratamento da indústria no ano de 2015, foi possível obter as vazões médias diárias de geração, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Vazões médias diárias de efluente gerado pela ETE no ano de 2015.

Período	Limite de Vazão (m³/dia)	Vazão média (m³/dia)
Janeiro	75	47,50
Fevereiro	75	44,33
Março	75	45,50
Abril	75	54,96
Maio	75	50,04
Junho	75	52,50
Julho	75	52,85
Agosto	75	50,04
Setembro	75	43,00
Outubro	75	50,74
Novembro	75	46,50
Dezembro	75	54,35
ANUAL	**75**	**50,04**

A vazão média diária anual gerada de 50,04 m³/dia apresentou num nível consideravelmente inferior ao nível de capacidade da estação, o que representa um indicativo de ociosidade da estação de tratamento. Cabe lembrar que o volume de efluente final gerado está ligado diretamente com o volume de produção da fábrica, que oscila conforme as demandas de mercado.

Em relação a análise qualitativa, os parâmetros avaliados foram os seguintes: potencial de hidrogênio (pH); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); demanda química de oxigênio (DQO); fósforo total (P total); nitrogênio amoniacal (N amoniacal); sólidos suspensos (SS); coliformes termotolerantes; sólidos dissolvidos (SD); temperatura da amostra; cor; turbidez; odor; teor de óleo e graxas; nitrito e nitrato.

Os valores médios obtidos para cada parâmetro analisado no ano de 2015 foram comparados com os parâmetros recomendados pelo SINDUSCON – SP (2005) para água de reúso classe 1, na qual está inserido o reúso de água para bacias sanitárias, juntamente com os valores da licença de operação da indústria, emitido FEPAM, conforme é apresentado nas Tabela 2 e 3.

Tabela 2. Parâmetros do efluente tratado gerado pela ETE no ano de 2015.

Mês	pH	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	P total (mg/L)	N amoniacal (mg/L)	SS (mg/L)	Col. Term. (NMP/100mL)	SD (mg/L)
Janeiro	6,89	3,70	23,00	0,07	6,87	3,57	não detectado	80,00
Fevereiro	7,02	2,70	27,00	0,04	10,79	4,87	não detectado	74,20
Março	7,65	2,00	22,00	0,04	15,47	4,23	100,00	62,31
Abril	6,96	5,70	30,00	0,09	18,97	4,21	não detectado	127,32
Maio	6,60	8,10	31,00	0,10	16,40	3,10	não detectado	235,14
Junho	6,99	9,70	28,00	0,03	5,49	2,10	250,00	335,57
Julho	7,20	5,20	27,00	0,04	5,49	2,70	não detectado	210,37
Agosto	7,12	3,80	31,00	0,04	3,78	3,69	não detectado	421,06
Setembro	6,68	4,90	27,00	0,07	9,21	3,33	não detectado	468,25
Outubro	7,08	2,78	22,00	0,10	6,87	3,01	não detectado	88,74
Novembro	6,99	6,87	24,00	0,06	13,58	2,72	não detectado	97,28
Dezembro	6,74	7,72	28,00	0,09	19,78	4,25	não detectado	159,23
MÉDIA	**6,99**	**5,05**	**27,00**	**0,07**	**10,00**	**3,45**	-	**143,28**
SINDUSCON (classe 1)	**6 a 9**	**10,00**	**-**	**0,10**	**20,00**	**5,00**	não detectado	**500,00**
FEPAM	**6 a 9**	**110**	**330**	**0,30**	**20,00**	**25,00**	1000,00	**1000,00**

Tabela 3. Parâmetros do efluente tratado gerado pela ETE no ano de 2015.

Mês	Temp. (ºC)	Cor	Turbidez (UNT)	Odor	Teor óleo/graxa	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)
Janeiro	25,10	incolor	1,10	não detectado	não detectado	0,76	8,20
Fevereiro	26,10	incolor	0,78	não detectado	não detectado	0,97	9,10
Março	24,80	incolor	1,89	não detectado	não detectado	0,21	7,10
Abril	23,00	incolor	1,92	não detectado	não detectado	0,38	6,24
Maio	18,90	incolor	1,67	não detectado	não detectado	0,24	2,10
Junho	24,60	incolor	1,77	não detectado	não detectado	0,22	3,62
Julho	24,40	incolor	1,25	não detectado	não detectado	0,20	3,66
Agosto	22,40	incolor	0,47	não detectado	não detectado	0,17	4,29
Setembro	25,80	incolor	1,48	não detectado	não detectado	0,10	4,10
Outubro	29,40	incolor	1,37	não detectado	não detectado	0,78	5,66
Novembro	24,60	incolor	1,47	não detectado	não detectado	0,88	6,23
Dezembro	26,90	incolor	1,22	não detectado	não detectado	0,91	6,05
MÉDIA	24,70	-	1,42	-	-	0,31	5,86
SINDUSCON (classe 1)	**-**	**incolor**	**2,00**	**não detectável**	**1,00**	**1,00**	**10,00**
FEPAM	**39,00**	**incolor**	**2,00**	**não detectável**	**não detectável**	**10,00**	**20,00**

Segundo os dados obtidos, os níveis de pH verificados, de modo geral atenderam as recomendações especificadas, mantendo uma tendência de normalidade.

Os níveis de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) apresentaram variações significativas no período considerado, possivelmente devido a temperatura da estação climática e também ao aumento da geração de efluentes contendo matéria orgânica. Nos meses de inverno os valores

obtidos aproximaram-se do limite estabelecido pelo SINDUSCON-SP (2005) e em seguida voltaram a estabilizar e nos meses do final do período a tendência voltou a subir aproximando-se do limite.
A concentração de fósforo total apresentou grande variação no intervalo analisado, com picos que alcançaram o limite estabelecido pelo SINDUSCON-SP (2005). Foi realizado um levantamento para identificar as possíveis causas destas grandes oscilações, porém não foi possível determinar a causa aparente desta variação.
O parâmetro de nitrogênio amoniacal apresentou dois picos que alcançaram o limite do SINDUSCON-SP (2005). Estes picos se devem ao aumento da geração de efluentes provenientes da limpeza de caldeira, pois nestes períodos de abril e dezembro foram feitas intervenções de manutenções significativas na caldeira, necessitando de lavagem interna com produtos à base de amônia.
Os níveis de sólidos suspensos também apresentaram oscilações significativas, com um pico se aproximando do limite recomendado. Não foi possível identificar uma causa provável para estas oscilações, pois inúmeros fatores podem influenciar no aumento da concentração deste parâmetro.
A quantidade de sólidos dissolvidos também apresentou um pico. No mês de setembro o nível se aproximou do limite SINDUSCON-SP (2005), sem causa aparente identificada. De modo geral a análise deste parâmetro atende os padrões recomendados.
A análise das temperaturas medidas remete a uma tendência normalidade, ou seja, as variações observadas foram de pequena amplitude, com valores bem inferiores ao limite de 39ºC estabelecido pela licença de operação da FEPAM.
Os parâmetros de turbidez, nitritos e nitratos encontrados no efluente estão diretamente ligados a utilização de desmoldantes no processo produtivo. Os picos observados nos meses de fevereiro e dezembro representam um aumento da utilização de desmoldante no processo de prensagem, o que gerou uma maior quantidade de efluente contendo este componente. Outro fator representativo que influenciou nos níveis de nitrito e nitrato foi o aumento da frequência de testes realizados no laboratório, utilizando produtos à base destes componentes, consequentemente gerando uma maior quantidade de efluente com estas cargas.
O parâmetro de coliformes termotolerantes foi detectado nos meses de março e junho, mas com valores pouco significativos. Essa quantidade detectada deve-se ao aumento da geração de esgoto sanitário decorrente da limpeza de fossas sépticas na indústria no período. Com isso, para o parâmetro coliformes termotolerantes, como medida preventiva pode-se aumentar a adição de cloro na etapa de desinfecção da estação de tratamento para neutralizar o aparecimento deste componente no efluente.
O efluente tratado analisado não apresentou os parâmetros cor, odor e teor de óleos e graxas.
De modo geral, como observado, os parâmetros analisados atenderam os limites especificados para reúso conforme estabelecido pelo SINDUSCON-SP (2005), podendo ser utilizado em bacias sanitárias. Os parâmetros também atenderam os valores estabelecidos pela licença de operação da FEPAM.

4.2 Demanda de Consumo

Para o dimensionamento do reservatório de armazenamento do efluente para reúso, deve-se considerar a estimativa de demanda de uso, ou seja, é necessária a obtenção do volume necessário para suprir a demanda nas bacias sanitárias da empresa.
Segundo Metcalf, Eddy (2003), o consumo de água per capita por dia para bacias sanitárias é de aproximadamente 83 litros. Além disso, os mesmos autores recomendam considerar um consumo médio diário para aparelhos sanitários de 15 litros decorrente de vazamentos nestes aparelhos.

Na prática, os valores recomendados significam um super dimensionamento da demanda, pois atualmente as bacias sanitárias existentes no mercado, possuem alta eficiência e são econômicas do ponto de vista de economia de água.
Para o presente estudo adotou-se os valores recomendados anteriormente, sendo que este consumo total diário pode atender a um número maior de unidades consumidoras, pois o critério conservativo adotado permite que o sistema atenda a esta demanda extra.
Portanto, considerando-se que a empresa possui aproximadamente 700 funcionários distribuídos em 3 turnos de trabalho, pode-se afirmar que 234 funcionários permanecem na empresa durante todo o dia, ou seja, 1/3 do total de colaboradores.
O total de bacias sanitárias a serem atendidas pelo sistema de reúso proposto é de 56 unidades de consumo. Todas as bacias sanitárias consideradas são do tipo com caixa acoplada e capacidade de 6 litros.
Assim, a demanda média diária foi obtida através da seguinte equação:

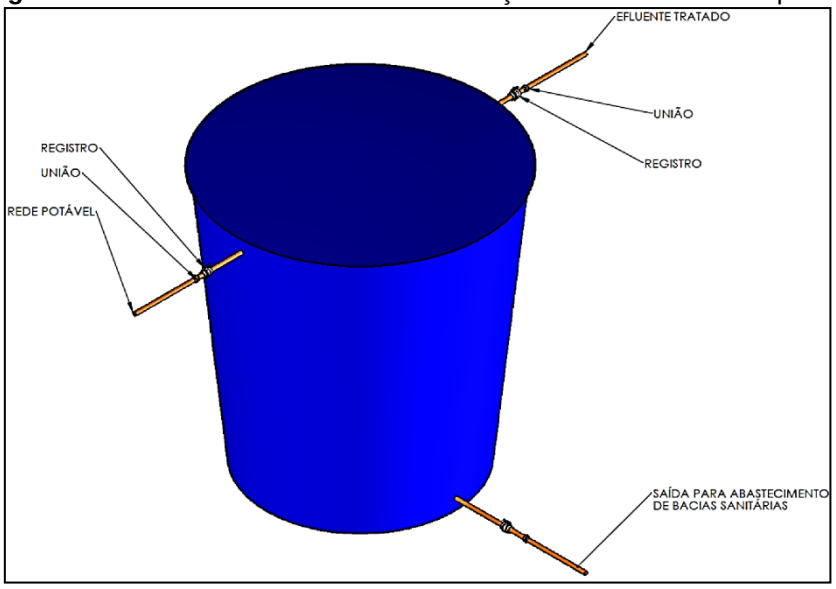
Dem. diária = (nº funcionários x consumo per capita) + (nº bacias sanitárias x vazamentos)

Através da equação, foi obtida uma demanda média diária de 20974 litros por dia.

4.3 Sistema de Reúso do Efluente Tratado

Foram previstos dois reservatórios para armazenagem de efluente: o primeiro instalado próximo a saída da tubulação de efluente da ETE e o segundo, no local mais alto da indústria, para atender a todos os pontos de consumo com pressão adequada.
Para esta situação proposta, é necessário um sistema elevatório para conduzir o efluente tratado do primeiro para o segundo reservatório, visto que o desnível geométrico existente entre estes dois pontos é de aproximadamente 27 metros. Assim, foi realizado o dimensionamento da tubulação do sistema elevatório e estabelecido a potência necessária da bomba.
Para atender a demanda de 20,974 m³/dia, o período de funcionamento da bomba adotado foi de 6 horas por dia, obtendo-se assim uma vazão de recalque de 3,485 m³/hora. Para essa vazão, obteve-se os diâmetros internos da tubulação de recalque e de sucção iguais a 35,2 mm (DN40) e 44 mm (DN50) respectivamente, sendo considerado tubos de PVC soldável como material.
Para a determinação da potência da bomba, foram calculadas as perdas de cargas e as alturas de sucção e recalque, sendo obtida uma altura manométrica total de 33,56 metros. Considerando que a bomba apresente um rendimento de 60%, juntamente com as informações obtidas, a bomba a ser utilizada no sistema elevatório deve apresentar uma potência de 7,24 cv.
O reservatório inferior próximo à ETE foi estimado com capacidade para 20000 litros, devido ao consumo médio calculado. A determinação da capacidade do reservatório superior levou em consideração as demandas e picos de consumo. Para o reservatório superior adotou-se a mesma capacidade do reservatório inferior de 20000 litros, devido a facilidade de instalação e a redução da necessidade de acionamento constante do sistema de bombeamento. Este reservatório deve armazenar a quantidade necessária para suprimento da demanda, sendo que o excedente é descartado para a rede pluvial através de uma saída na parte superior do reservatório.
Um ponto importante observado no sistema de reúso foi a garantia de que não ocorresse, em hipótese alguma, a possibilidade de mistura do efluente tratado com a rede de água potável da indústria. Como solução adotada, fez-se a ligação da rede potável e rede de reúso com entradas diferentes no reservatório superior, porém ambas as entradas monitoradas por boias mecânicas e registros para manutenção e controle. Os detalhes das entradas no reservatório superior são apresentados na Figura 2.

Figura 2. Detalhes das entradas das tubulações no reservatório superior.



Na estação de tratamento da indústria, deve ser implantado um sistema de descarte periódico de todo o efluente tratado, de modo a reduzir a concentração de sólidos no fluído. Este procedimento é fundamental para a durabilidade do sistema, evitando corrosão prematura de constituintes metálicos e incrustação e entupimento de tubulação.
Durante o período de descarte do efluente, o sistema deverá ser abastecido pela rede potável, através da abertura dos registros próximos aos pontos de consumo.
Um plano de manutenção do sistema de reúso deve ser criado, com inspeção periódica dos componentes, tais como válvulas de retenção, registros, bomba e tubulação.

5. CONCLUSÃO

Através do estudo realizado, conseguiu-se demonstrar a viabilidade do reúso de efluentes tratados para abastecimento de bacias sanitárias em uma indústria, obtendo-se uma economia de aproximadamente 21000 litros de água por dia.
A análise da composição dos efluentes realizada constituiu a base para a viabilização do sistema de reúso. Todos os parâmetros analisados atenderam os níveis recomendados para a utilização pretendida, porém os índices de coliformes termotolerantes encontrados em duas ocasiões exigem um monitoramento constante, mesmo que os valores encontrados foram baixos.
O levantamento quantitativo realizado remeteu a possibilidade de novos estudos para a utilização do excedente de efluente em outras aplicações, pois a demanda estabelecida para esta finalidade foi de 20974 litros por dia, enquanto que a geração diária obtida foi de 50040 litros, chegando-se assim a um excedente de 29066 litros de efluente tratado por dia.
O dimensionamento dos reservatórios levou em consideração a possibilidade de ampliação do sistema de reúso, sendo que se houver ampliação da indústria ou de consumo, os reservatórios e o sistema de bombeamento atenderão esta nova demanda.
Por fim, para que o sistema de reúso do efluente tratado em bacias sanitárias da indústria apresente durabilidade, disponibilidade e um funcionamento adequado, devem ser elaborados e executados planos de manutenção preventiva, sendo aplicados em todo o sistema proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Brasil – Abastecimento urbano de água: panorama nacional, Volume 1. Engecorps/Cobrape. Brasília, 2010.

ANÁLISE GESTÃO AMBIENTAL. Anuário 2007. A gestão ambiental das maiores empresas do Brasil. p. 54-195. São Paulo: Análise-Gestão Ambiental, 2007.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. São Paulo, 2016. Disponível em: <www.sabesp.gov.br>. Acesso em: março de 2016.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics os Grey Wastewater. Dinamarca, Elsevier, 2002. 104 p.

METCALF, L.; EDDY, H. P. Waste water engineering: treatment, disposal and reuse. 4. ed. rev. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819 p.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. Água na indústria - Uso racional e reúso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 140p.

RODRIGUES, R. S. As Dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil. São Paulo, 177 p., 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SINDUSCON - SP. Conservação e reúso de água em edificações. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2017. 212 p.

405. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE AGLOMERADOS BASADOS EN RESIDUOS DE ALGODÓN

*ARGENTO, R.[1](romina_argento@hotmail.com); SOSA, L.[1](luni_05_1@hotmail.com); BALBI, M.C.[2](cecibalbi@hotmail.com);CIOTTI, M.[2](nelaciotti@gmail.com);CARRASCO, M.F.[*1](mcarrasc@frsf.utn.edu.ar); MAXIMINO, M.[2]; FERREYRA, J.[1](joaoferreyra7@gmail.com); GONZALEZ, A.[1](aagonzal@frsf.utn.edu.ar)*

[1]Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), Argentina

[2]Instituto de Tecnología Celulósica (ITC), Argentina

**Autor correspondiente*

RESUMEN

En trabajos previos se ha comprobado la factibilidad de producir bloques y placas mediante la aglomeración de residuos del proceso de desmote del algodón (cascarilla) con ligantes cálcicos. Estos residuos representan un serio inconveniente para las plantas desmotadoras, ya que anualmente se estima una generación de aproximadamente 300.000 t de desechos lignocelulósicos, que en nuestro país no tienen un destino final previsto. Teniendo en cuenta la variabilidad de la producción anual de algodón, la dispersión geográfica de las desmotadoras y los costos de transporte, resulta difícil proponer alternativas de reutilización de alta complejidad. En consecuencia, se propone emplearlo como materia prima para elaborar aglomerados de cascarilla con cemento portland utilizando tecnologías sencillas, fácilmente apropiables y transferibles. No obstante, si bien se pueden producir estos aglomerados con los residuos en su estado natural, se verifica que las propiedades mecánicas mejoran cuando el residuo es sometido a determinados tratamientos previos, debido a un incremento de la compatibilidad entre el cemento y el material lignocelulósico. En este trabajo se analizan las modificaciones que producen los tratamientos por inmersión en soluciones acuosas sobre su composición, en las características físicas y en el comportamiento mecánico de los aglomerados obtenidos. Asimismo, dado que al variar los equipos desmotadores se obtienen residuos con características diferentes, se analiza también la influencia de estas tipologías sobre el comportamiento de los aglomerados. Los resultados obtenidos permiten concluir que, tanto la granulometría de los residuos así como la modificación en su composición, provocan variaciones significativas en el comportamiento de los aglomerados obtenidos a partir de ellos.

Palabras clave: algodón, desmote, residuos lignocelulósicos, aglomerados, compatibilidad.

INFLUENCE OF THE TREATMENT OF LIGNOCELLULOSIC WASTE ON THE PROPERTIES OF COMPOSITES BASED ON COTTON GIN RESIDUE

ABSTRACT

Previous work has shown the feasibility of producing blocks and boards by agglomerating wastes from the cotton ginning process with calcium binders. These residues represent a serious inconvenience for ginning plants, since about 300,000 t of lignocellulosic wastes are generated annually, without any any final disposal destination. Considering variability of annual cotton production, its geographical dispersion and costs of transportation, it is difficult to propose complex reuse alternatives. Consequently, in our project it is proposed to produce composites with portland

cement by means of simple, easily appropriable and transferable technologies. However, although these composites can be produced with the residues in their natural state, it is verified that mechanical properties are improved when these materials are subjected to certain previous treatments, presumably due to an increase of the compatibility between cement and lignocellulosic residues. In this work, modifications produced by immersion treatments in aqueous solutions on waste composition, their physical characteristics and the mechanical behavior of the obtained composites are analyzed. Also, since the variation of ginning equipment produces residues with different characteristics, the influence of these typologies on the behavior of composites is also analyzed. The obtained results allow to conclude that both the particle size of the residues as well as the modification in their composition provoke significant variations in the composites behavior.
Keywords: cotton, cotton ginning process, lignocellulosic waste, composites, compatibility.

1. INTRODUCCIÓN

El algodón, incluyendo las tareas de cultivo, cosecha y desmote, ha sido la actividad que fomentó la ocupación territorial del noreste de Argentina, a principios del siglo XX. Esta producción agropecuaria posibilitó el asentamiento de población, tanto a nivel rural como urbano, configurando un crecimiento sostenido en la zona mencionada y extendiéndose luego a parte del noroeste de nuestro país.

La producción de algodón actualmente se desarrolla con mayor importancia dentro de nuestro país en las provincias de Santa Fe, Chaco, Formosa, Santiago del Estero y Corrientes, con una fuerte concentración geográfica.

Dado el importante déficit habitacional que afecta a nuestro país, las deficiencias en la aislación térmica de muchas viviendas existentes (CENSO 2010, 2014), y a la disponibilidad de un importante volumen de estos residuos, la posibilidad de desarrollar elementos constructivos innovadores mediante la utilización de residuos de desmote del algodón, aparece como una contribución parcial a la problemática ambiental de este sector agroindustrial, al déficit habitacional de la región algodonera y a la escasez de empleo para personas sin calificación especial (PICCIONI et. al, 2013). Teniendo en cuenta la variabilidad de producción de algodón año a año (Tabla 1) (DELSSIN, 2012), es difícil pensar en empleos del residuo de alta complejidad. Es por esto que nuestro planteo se basa en obtener una disposición final para el residuo con utilización de tecnologías sencillas, fácilmente apropiables y transferibles, mediante la fabricación de aglomerados de cascarilla con cemento.

Tabla 1. Variabilidad anual de producción de algodón

Año	Algodón en bruto, t x 10^3	Año	Algodón en bruto, t x 10^3
2000/2001	509,41	2006/2007	545,40
2001/2002	218,16	2007/2008	493,60
2002/2003	201,51	2008/2009	389,00
2003/2004	354,00	2009/2010	735,50
2004/2005	448,00	2010/2011	1155,80
2005/2006	315,00	2011/2012	708,87

Este tipo de aglomerados que combinan cemento y materiales lignocelulósicos se han empleado, ampliamente y por más de 100 años, para la construcción de estructuras de cerramiento y aislamiento de edificios en Europa y Estados Unidos (PICCIONI et. al, 2013), y su utilización se ha comenzado a extenderse hacia los países de zonas tropicales. Del mismo modo, múltiples experiencias de reciclado de residuos se han comenzado a desarrollar y, particularmente,

apuntando a residuos agroindustriales (RIVAROLA et. al., 2006) (PANDEY; NEMA, 2004) (DESIRELLO et. al., 2004).

Las evaluaciones realizadas (PICCIONI et. al, 2013) hasta el momento, indican que pueden producirse elementos constructivos tales como bloques y placas mediante la aglomeración de los residuos de desmote del algodón con cemento, presentando éstos adecuadas propiedades mecánicas, bajo peso específico y reducida conductividad térmica.

No obstante, si bien es posible efectuar esta producción con los residuos en su estado natural, se verifica que las propiedades mecánicas mejoran cuando el residuo recibe tratamientos previos, y este cambio en el comportamiento se puede relacionar con la compatibilidad existente entre el cemento y los residuos del desmote.

Se sabe que los azúcares, lignosulfonatos, hemicelulosas, almidón, fenol, entre otros compuestos comunes en los materiales celulósicos, llamados "venenos para el fraguado de cemento" pueden catalizar como membranas impermeables alrededor de los granos de cemento, evitando que se produzcan las reacciones de hidratación y provocando la inhibición o retraso de fraguado del mismo (NEVILLE, 1998). Además se cree que estos retardadores naturales pueden modificar el desarrollo de cristales o su morfología en caso de ser absorbidos por la membrana formada en la hidratación del cemento y retrasar de este modo el crecimiento de los núcleos de hidróxido de calcio, formando de esta manera una barrera más eficaz para la hidratación.

Las técnicas más utilizadas para optimizar la interacción entre residuos lignocelulósicos y el cemento fueron propuestas por Simatupang et al. (1988) y consisten en procesos de envejecimiento, extracción de los inhibidores en soluciones acuosas, utilización de aceleradores, secado de la biomasa vegetal, aplicación de recubrimientos sobre las partículas vegetales y la mineralización de partículas vegetales.

En cuanto a los tratamientos en soluciones acuosas, que son los utilizados en nuestro estudio, se sabe que en su mayor parte las sustancias contenidas en la biomasa son extraíbles en soluciones y que la eficiencia del proceso depende de la naturaleza de los residuos. Adicionalmente, se deben considerar factores como el pH de la solución, la temperatura y duración de la inmersión (BERALDO; BALLERINI, 2007).

En lo referente al pH de la solución, los resultados obtenidos por diversos investigadores son controvertidos, pero la biomasa vegetal tiene una naturaleza ácida, mientras que durante el fraguado del cemento se genera un ambiente básico. Por lo tanto las soluciones alcalinas son más adecuadas para este proceso y entre ellas las más utilizables son los hidróxidos de calcio y de sodio. También se debe tener en cuenta la necesidad de eliminar un posible exceso de sustancias adheridas a las partículas (BERALDO; BALLERINI, 2007).

Así, para un contenido de cemento dado, la variación en la resistencia a la compresión debido a la extracción de los inhibidores en soluciones acuosas, se debe principalmente a una mejor hidratación del cemento causada por la minimización de los efectos inhibidores de la materia orgánica y la mejora en la interfase entre la pasta de cemento y los residuos (PICCIONI et. al, 2013).

La evaluación del comportamiento de estos residuos en presencia de cemento puede ser efectuada de dos maneras distintas, una alternativa es cuantificar los parámetros de la curva de hidratación de la mezcla y otra es analizar el comportamiento mecánico del compuesto (BERALDO; BALLERINI, 2007).

En este trabajo se analizan las modificaciones que producen los tratamientos en soluciones acuosas sobre el residuo y la implicancia de estas modificaciones en el comportamiento físico y mecánico de los aglomerados obtenidos. Asimismo, dado que al variar los equipos desmotadores se obtienen residuos con características diferentes, se analiza también la influencia de estas tipologías sobre el comportamiento de los aglomerados.

2. OBJETIVO

Los objetivos del presente trabajo son:

- Evaluar la modificación en la composición química de los residuos de desmote del algodón que producen los tratamientos por inmersión en soluciones acuosas.
- Evaluar las diferencias en los tamaños de partículas que presentan los residuos de desmote del algodón generados por diferentes equipamientos.
- Evaluar la influencia que ejercen la modificación en la composición química y en los tamaños de partículas de los residuos de desmote, sobre las propiedades mecánicas y físicas de los aglomerados basados en residuos de desmote de algodón y cemento.

3. METODOLOGÍA

3.1 Materiales

Para el desarrollo del estudio se utilizó residuo de desmote del algodón proveniente de cuatro desmotadoras ubicadas en territorio argentino (Tabla 2), en su estado natural y tratado mediante inmersión por 72 hs en soluciones acuosas (Tabla 3), cemento portland compuesto (CPC, IRAM 50000) con categoría resistente CP40 y $CaCl_2.2H_2O$ de calidad industrial en hojuelas con un contenido de $CaCl_2$ de 77 % que actúa como agente acelerante del fraguado del cemento.

Tabla 2. **Desmotadoras productoras del residuo estudiado**

Desmotadora	**Equipo**		
	Marca	N° cuerpos	N° sierras
B	LUMMUS	4	170
C	CONTINENTAL	3	141
P	CONTINENTAL	3	141
V	MURRAY	4	121

Tabla 3. **Descripción de los tratamientos**

Tratamiento	**Solución**	**Relación agua/residuo (g/g)**	**Relación $Ca(OH)_2$/agua (g/g)**	**Tratamiento posterior**
N	N/A	N/A	N/A	N/A
W	Agua	5	0	Escurrido + secado
T	Agua +$Ca(OH)_2$	40	0,0066	Escurrido + secado
T+W	Agua + $Ca(OH)_2$	40	0,0066	Enjuague para eliminar cal + escurrido + secado

3.2 Métodos.

3.2.1 Caracterización granulométrica.

Para la caracterización granulométrica del residuo de desmote, se procedió a realizar la homogeneización manual de las muestras en estado natural, para luego efectuar una reducción del tamaño de las mismas por cuarteo. Posteriormente, las muestras se hicieron pasar a través de tamices N° 4 (4,75 mm), N° 20 (850 µm) y N° 80 (180 µm), sucesivamente, determinando el peso del material retenido en cada uno de ellos. Adicionalmente se realizaron tamizados para las muestras que recibieron los tratamientos T y T+W.

3.2.2. Análisis químico.

Sobre los residuos de desmote, en estado natural y sometidos a los diferentes tratamientos por inmersión en soluciones acuosas, se realizaron determinaciones de solubilidad en NaOH al 1 %, solubilidad en agua fría y caliente. Los valores correspondientes a solubilidad en agua fría y caliente, se corrigieron de acuerdo a su contenido de cenizas. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado y los resultados que se presentan corresponden a las medias aritméticas de las réplicas.

3.2.2.1 Solubilidad en NaOH al 1 %.

Se realizó de acuerdo a las especificaciones de la norma TAPPI 212 om-02. La técnica consiste en dispersar 2 g secos de muestra molida (Fracción -20/+80) en una solución de NaOH al (1±0,1) % para luego colocar el sistema en baño de agua a (97-100) °C, durante una hora. Finalizado el tiempo, se filtra y determina el porcentaje de solubles por diferencia entre los pesos secos antes y después de la extracción.

3.2.2.2 Solubilidad en agua

Las determinaciones de solubilidad en agua fría y agua caliente se realizaron según norma TAPPI 207 om-93. Ambos ensayos implican el tratamiento con agua de 2 g secos de muestra molida (Fracción -20/+80) bajo distintas condiciones. En el primer caso, se mantiene durante 48 hs a (23 ±2) °C con agitación constante. En el segundo caso, se emplea baño maría y reflujo durante 3 hs. Luego de filtrar, se calculan los porcentajes por diferencia entre los pesos secos antes y después de la extracción.

3.2.3 Moldeo de probetas

El moldeo de las probetas se realiza de manera manual. En primer lugar, se disuelve en agua el $CaCl_2$ $2H_2O$, luego se incorpora el cemento y se mezcla hasta obtener una lechada, finalmente se agrega el residuo de desmote de algodón mezclando hasta obtener homogeneidad. Para la confección de cada probeta se emplean 300 g de residuos, 565,5 g de cemento, 390 g de agua, y 22.5 g de $CaCl_2$ $2H_2O$.

Una vez obtenida la mezcla se procede a colocarla en un molde metálico de 10 cm de diámetro y aproximadamente 30 cm de alto. Luego se sitúa el molde en la prensa y se aplica carga a velocidad constante hasta alcanzar los 103 kgf (1,30 kg/cm^2) (Figura 2). La probeta comprimida permanece en el molde al menos por 8 hs y posteriormente se desmolda (Figura 3) y se registra el peso, el diámetro y la altura promedio. Finalmente, la probeta se extrae y se deja secar a temperatura y humedad ambiente sin ningún tipo específico de curado hasta el momento del ensayo a compresión simple. Se realiza el moldeo por triplicado.

3.2.4 Determinación de densidad

Transcurridos 28 días desde el moldeo de la probeta se determina nuevamente el peso, el diámetro y la altura promedio y se calcula la densidad por medio del cociente entre el peso y el volumen de la probeta.

3.2.5 Determinación de resistencia

El ensayo de resistencia a compresión simple se realiza luego de cumplidos los 28 días desde el moldeo de la probeta. Se comprime la probeta a velocidad constante y en la dirección de moldeo hasta alcanzar una deformación igual al 10 % de la altura promedio antes del ensayo. Se registra la carga y se calcula la resistencia por medio del cociente entre ésta y el área transversal de la probeta.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tamizados

En la Tabla 4, se presentan los resultados del tamizado de las muestras de residuos de desmote.
A partir de los tamizados se puede observar que los residuos más gruesos son los identificados como V y B, mientras que C y P presentan una mayor proporción de partículas menores. Esta tendencia se repite al aplicar cada tratamiento por inmersión.
Al realizar el tratamiento T, todas las muestras incrementan su finura, presumiblemente debido a la cal que queda formando parte de la muestra y que se traduce en un mayor porcentaje de material pasante en los tamices. Contrariamente, al realizar el tratamiento T+W, todas las muestras se vuelven más gruesas, presumiblemente porque gran parte de la fracción fina de la muestra y la cal proveniente del tratamiento T son retiradas por el enjuague. Este efecto es más notable en las muestras C y P que son las más finas en su estado natural.

Figura 1. Compresión en prensa



Figura 2. Probeta desmoldada



En la Figura 4, se puede notar que la distribución de tamaños de partículas de las muestras C y P presentan relativa homogeneidad, en contraposición a las muestras V y B, que presenta un amplio porcentaje de partículas gruesas (mayores a 4,75 mm).

4.2 Análisis químicos.

La composición química de los residuos de la producción algodonera varía no sólo según la desmotadora de procedencia sino también en función de la zona de cultivo y tipo de tratamiento durante el crecimiento de la planta.
Los resultados de solubilidad en NaOH, en agua fría y en agua caliente para cada una de las muestras analizadas se exponen en las tablas 5, 6 y 7, respectivamente.

Tabla 4. Material pasante en tamices

Fracción pasante (%)	P-N	P-T	P-T+W	B- N	B- T	B-T+W	C-N	C-T	C-T+W	V-N	V-T	V-T+W
TAMIZ N°4:	70,16	70,40	39,24	27,63	60,68	23,98	73,33	91,46	61,79	4,15	18,92	11,74
TAMIZ N°20:	44,50	45,98	15,55	15,08	36,17	8,30	47,60	68,06	16,55	2,22	9,45	2,42
TAMIZ N°80:	17,93	21,08	5,12	6,22	16,47	2,89	12,16	23,08	5,21	1,18	6,64	1,08

Figura 3. Granulometría de los residuos

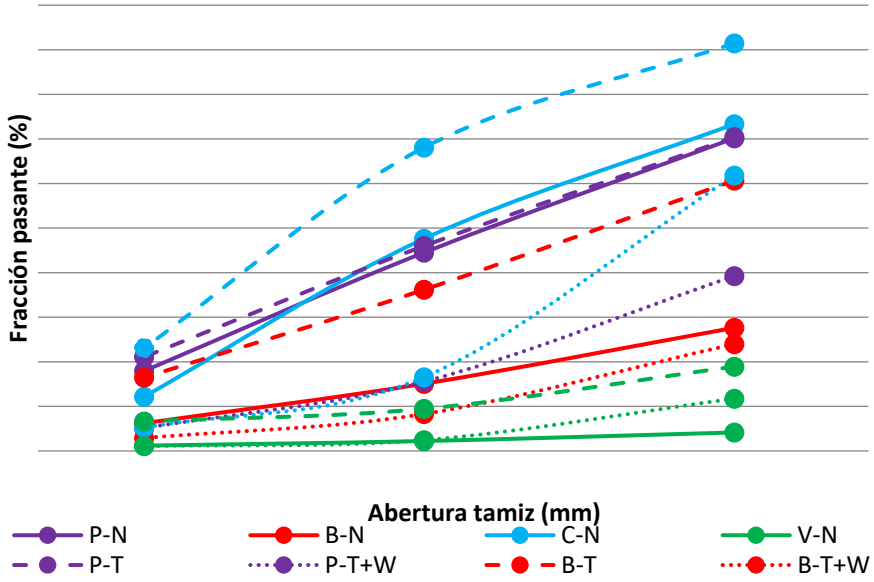


Tabla 5: **Solubles en NaOH al 1% - Fracción -20/+80**

	B (%)	P (%)	V (%)	C (%)
N	54,5	45,6	46,0	48,1
T	44,1	38,6	37,5	38,3
W	46,6	44,6	44,4	42,4
T+W	38,7	36,7	38,0	39,3

Tabla 6: **Solubles en agua caliente - Fracción -20/+80 – Promedios corregidos por cenizas**

	B (%)	P (%)	V (%)	C (%)
N	12,8	12,1	16,1	14,5
T	6,9	5,4	5,0	4,9
W	11,6	11,1	11,7	9,3
T+W	4,0	4,5	4,0	6,8

Tabla 7: **Solubles en agua fría - Fracción -20/+80 – Promedios corregidos por cenizas**

	B (%)	P (%)	V (%)	C (%)
N	12,0	8,5	11,9	12,7
T	13,5	7,6	7,4	8,3
W	7,9	8,9	7,7	8,6
T+W	5,7	6,2	5,0	7,5

Por otra parte, de las tablas 5, 6 y 7, se puede observar que, todos los tratamientos a los cuales se sometió al residuo de desmote, permiten solubilizar algunos componentes presentes en el material lignocelulósico, quedando evidenciado por el mayor valor de solubles que presentan las muestras N. El procedimiento de agua fría constituye una medida de componentes tales como taninos, gomas, azúcares y materiales colorantes. El procedimiento en agua caliente mide, además, el almidón.

Por otra parte, se observa que los valores de solubles en NaOH resultan muy superiores en aquellas muestras tratadas en agua, mostrando que las soluciones alcalinas extraen carbohidratos de bajo peso molecular principalmente las hemicelulosas presentes en la muestra. Esta capacidad de las soluciones de modificar la composición de los materiales lignocelulósicos se manifiesta al advertir que en todos los casos, los tratamientos que incorporan $Ca(OH)_2$ (tratamientos T y T+W) permiten remover una mayor proporción de compuestos que aquellos que se realizan sólo con agua (tratamiento W). Dicha solubilización favorece el fraguado del cemento y mejoraría la resistencia de los elementos moldeados.

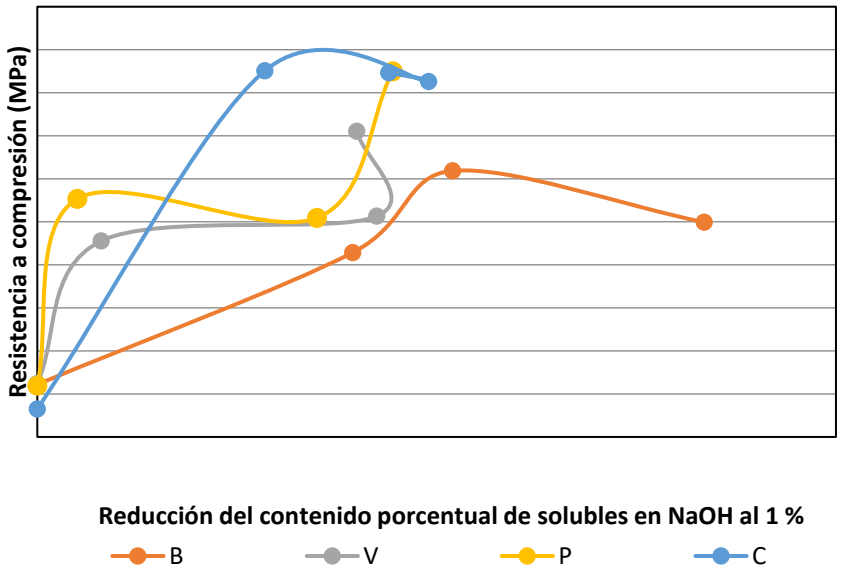
4.3 Densidad y resistencia.

Los resultados obtenidos luego del moldeo y ensayo a compresión simple de probetas, empleando las diferentes muestras (naturales y tratadas), se resumen en la tabla 8.
Luego del análisis de datos se puede concluir que las probetas correspondientes a las muestras tratadas presentan una densidad mayor que aquellas elaboradas con los residuos en su estado natural.
Paralelamente, la densidad correspondiente a los residuos más gruesos, no se modifica en forma importante al aplicar distintos tratamientos (0,770 a 0,930 g/m^3). En el caso de los residuos más finos, estas diferencias se hacen más marcadas (0,798 a 1,008 g/cm^3), siendo en ambos casos la de mayor densidad obtenida con el tratamiento T, debido a que el volumen de la mezcla resulta ligeramente menor, lo cual puede atribuirse a la disolución de diferentes compuestos durante el tratamiento y un cambio en la rigidez de las partículas.
Para todos los residuos se observa que la resistencia a compresión se incrementa cuando éstos son sometidos a los tratamientos de inmersión. Los niveles de resistencia de los aglomerados elaborados con los residuos naturales resultan muy similares entre sí, no obstante al aplicar los tratamientos la modificación de esta propiedad varía.
En el caso de los residuos más gruesos (residuos B y V), el incremento de la resistencia alcanza un 93 %, en tanto que para los residuos más finos (C y P) este incremento resulta más significativo llegando hasta el 139 %, confirmando que la solubilización de ciertos compuestos favorece el fraguado del cemento y mejora la resistencia de los elementos moldeados. Este efecto puede confirmarse al observar la Figura 4, la resistencia de los aglomerados se incrementa a medida que disminuye el contenido de solubles respecto del valor correspondiente a los residuos en su estado natural.

Tabla 8: **Densidad y resistencia a compresión del aglomerado**

	B		P		V		C	
	Densidad (g/cm^3)	Resistencia (MPa)	Densidad (g/cm^3)	Resistencia (MPa)	Densidad (g/cm^3)	Resistencia (MPa)	Densidad (g/cm^3)	Resistencia (MPa)
N	0,778	12,44	0,825	12,38	0,770	12,48	0,798	11,30
T	0,930	22,37	0,909	20,18	0,842	20,26	1,008	26,52
W	0,85	18,57	0,899	21,07	0,816	19,11	0,983	27,02
T+W	0,841	19,98	0,947	27,00	0,842	24,21	0,909	26,93

Figura 4. Variación de la resistencia en función de reducción de solubles



5. CONCLUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se puede concluir que los tratamientos aplicados al residuo de desmote de algodón solubilizan algunos compuestos y dicho proceso favorece el fraguado del cemento y mejora la resistencia a compresión de los elementos moldeados. También se puede concluir que las probetas correspondientes a las muestras tratadas con cal presentan una densidad promedio mayor, lo cual puede atribuirse a la disolución de diferentes compuestos durante el tratamiento y un cambio en la rigidez de las partículas.

La posibilidad de incrementar la resistencia de los aglomerados resulta interesante para su aplicación en la construcción de mampuestos, no obstante, el incremento de densidad concomitante podría implicar una disminución en la capacidad de aislación térmica que estos materiales proveen.

Los beneficios acarreados por la mejora en la resistencia de los aglomerados deberá ser analizada en forma conjunta con la demanda de agua que conllevan los tratamientos por inmersión y sus respectivos costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENSO 2010, Cuadro V3. Total de país. Viviendas particulares por material predominante de los pisos, según material predominante de la cubierta exterior del techo y presencia de cielorraso. Año 2010, disponible Online en: http://www.censo2010.indec.gov.ar/ resultados definitivos _totalpais.asp (acceso: 01-05-14).

BERALDO, L., BALLERINI, A. Compuesto de residuos de pinus radiata y cemento portland. Madeira, n. 21, 2007.

DELSSIN, E. Tendencias algodoneras en Argentina- INTA Centro Reg. Chaco Formosa (2012).

DESIRELLO, C.; CERINI, S.; CHARADÍA, R.; SCALFI, R.; LIBERMAN, C.; STEFANI, P. M. Efecto de las condiciones de procesado sobre las propiedades mecánicas de aglomerados de cáscara de arroz, Anales CONGRESO SAM/CONAMET, 2004.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. Tecnología del concreto; México, D. F. Trillas, 1998. 329 p.

PANDEY, A.; NEMA, P.K. Development of Particle Board from Soybean Husk without Resin, Journal of North Eastern Regional Institute of Science and Technology, (NERIST) 85, p. 5-9, 2004.

PICCIONI, J.; MUÑOZ, H. J.; SANCHEZ, M. A.; DEFAGOT, C. A.; GRETHER, R. M.; CARRASCO, M.F. 13er Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales (SAM CONAMET 2013) y Simposio Internacional sobre materiales lignocelulósicos. Puerto Iguazú, Argentina, 2013, paper “Masonry blocks produced from cotton gin trash”.

PICCIONI, J.; MUÑOZ, H.J.; SÁNCHEZ, M.A.; GORDO, J.P.; GONZALEZ, A.A.; CARRASCO, M.F. 14th International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies (14thNOCMAT 2013). João Pessoa, Paraiba (Brasil), 2013, paper Composites based on cotton gin waste and cement for housing construction.

RIVAROLA, A.; ROJO, L.; GARDEY MERINO, M.; ARENA, A. P. Materiales alternativos para la fabricación de placas de aglomerado, Encuentro Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP) PROCQMA, 2006.

SIMATUPANG, M. H.; LANGE, H.; KASIM, A.; SEDDIG, N. Influence of wood species on the setting of cement and gypsum. In: International Conference of fiber and particleboard bonded with inorganic binder, Spokane, USA, v. 1, p. 33-42, 1988.

520. METODOLOGIA PARA COLETA E ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE PÓ DE ACIARIA ELÉTRICA EM BLOCOS CERÂMICOS

DA SILVA, Nicole Gröff[*1](groff.nicole@gmail.com); BREHM, Feliciane Andrade[1] (felicianeb@unisinos.br); OSÓRIO, Daniela Montanari Migliavacca[2](danielaosorio@feevale.br)*
[1]IUniversidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
[2]Universidade Feevale (FEEVALE), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O desenvolvimento de novas tecnologias e processos para reciclagem de resíduos tem se revelado uma forte tendência dentre as alternativas de tratamento estudadas por pesquisadores da área. Paralelo a isso, está a necessidade de avaliações ambientais mais detalhadas, que investiguem além dos parâmetros adotados como padrão, a exemplo da lixiviação e solubilização de elementos no produto final. Neste contexto, evidencia-se a carência de estudos que contemplem a análise de emissões atmosféricas de processo, o que pode comprometer e inviabilizar a fabricação em escala industrial. O objetivo deste trabalho consiste em uma proposta de metodologia para coleta e análise das emissões oriundas do processo de reciclagem do pó de aciaria elétrica em blocos cerâmicos de argila vermelha, especificamente da etapa de sinterização do material. Baseado na revisão bibliográfica de estudos anteriores e normas vigentes, o artigo apresenta a construção de um aparato experimental a ser adaptado ao forno elétrico utilizado, com um sistema de borbulhadores conectados que realizam a coleta dos gases de saída do forno. Os elementos de interesse deste estudo são cádmio, chumbo, zinco e cloro, que serão devidamente absorvidos nas soluções utilizadas caso venham a ser volatilizados nas condições de processo. Desta forma, este estudo contribui na indicação de uma metodologia que possa ser difundida e aplicada em pesquisas semelhantes a fim de validar por completo a técnica de reciclagem sob a perspectiva dos possíveis impactos ambientais.
Palavras-chave: Pó de aciaria elétrica; Blocos cerâmicos; Reciclagem; Emissões atmosféricas; Impacto ambiental.

METHODOLOGY FOR THE COLLECTION AND ANALYSIS OF ATMOSPHERIC EMISSIONS FROM ELECTRIC ARC FURNACE DUST IN CERAMIC BLOCKS

ABSTRACT
The development of new technologies and processes for waste recycling has been a strong trend among the treatment alternatives studied by researchers in this area. Parallel to this is the need for more detailed environmental assessments that investigate beyond the parameters adopted as standard, such as leaching and solubilization of elements in the final product. In this context, it is evident the lack of studies that contemplate the analysis of atmospheric emissions of process, which can compromise and make unfeasible the industrial scale production. The aim of this work is to propose a methodology for collecting and analyzing emissions from the recycling process of electric arc furnace dust in ceramic blocks of red clay, specifically the material sintering step. Based on the bibliographical review of previous studies and current standards, the article presents the construction of an experimental apparatus to be adapted to the electric furnace used, with a system of connected bubblers that collect the exhaust gases from the furnace. The elements of interest of this study are

cadmium, lead, zinc and chlorine, which will be properly absorbed in the solutions used if they are volatilized under the process conditions. In this way, this study contributes to the indication of a methodology that can be disseminated and applied in similar researches in order to fully validate the recycling technique under the perspective of possible environmental impacts.
Keywords: Electric arc furnace dust; Ceramic blocks; Recycling; Atmospheric emissions; Environmental impacts.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias e processos para reciclagem de resíduos tem se revelado uma forte tendência dentre as alternativas de tratamento estudadas por pesquisadores da área. O setor da construção civil exerce um papel importante neste cenário, pois contribui com a absorção de diferentes resíduos através de sua possível incorporação em materiais e estruturas. A indústria cerâmica é especialmente favorecida desta prática, pois se beneficia da redução do uso de argila, sua principal matéria-prima, como também da melhoria das propriedades de seu produto final, influenciadas pelas adições.

Somente no Rio Grande do Sul, verifica-se uma ampla variedade de resíduos adicionados à formulação de cerâmicos e avaliados técnica e ambientalmente, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1. Resíduos adicionados e estudados em olarias do Rio Grande do Sul

Município da indústria	Matéria-prima	Origem
Carlos Barbosa	Serragem	Fábrica de sapato
Vila Flores		Serrarias
Vila Flores		Serrarias e fábrica de móveis
Encantado		Serrarias
Pelotas	Cinza de casca de arroz	Engenho secador de arroz
Candelária		-
Bagé		Produção própria
Santa Maria	Carvão mineral e pó de ferro	Siderúrgica
Bom Princípio	Pó de aciaria	Siderúrgica
	Chamote	Cerâmica
Porto Alegre	Cinza da queima	Cerâmica
Cerrito	Areia	Rio Piratini

Fonte: Manfredini e Sattler, 2003.

Dentre os exemplos citados está o pó de aciaria elétrica (PAE), derivado do processo de refino do aço em usinas semi-integradas e classificado como um resíduo Classe I – Perigoso devido à presença de cádmio, chumbo e cromo hexavalente em sua composição. (ABNT, 2004).

1.1 Pó de aciaria elétrica

O pó de aciaria elétrica é gerado em um dos processos mais críticos da siderurgia – o refino – e é coletado nos sistemas de exaustão do forno elétrico a arco (FEA), equipamento responsável pela transformação do ferro-gusa e da sucata em aço líquido. (Fischer et al, 2015). Ferro e zinco estão predominantemente presentes, mas sua composição varia em função das matérias-primas e processos utilizados na fabricação do aço. A utilização de sucata no processo é, por exemplo, um dos principais fatores que contribui na inserção de metais ao resíduo, pois estes volatilizam na forma de óxidos sob as altas temperaturas do forno. (Paulino, 2013).

1.2 Reciclagem em materiais cerâmicos

O alto consumo de recursos não renováveis pela indústria cerâmica, a possibilidade de alterações na composição das massas formuladas sem impactos ao processo, além da imobilização dos elementos tóxicos do resíduo na matriz do produto sinterizado sugerem um alto potencial de utilização de cerâmicos na inertização do PAE. (Morete, Paranhos e Holanda, 2006). De fato, a partir de estudos de caracterização química, física e morfológica, apontados na literatura científica, a compatibilidade entre ambos pôde ser constatada. Silva (2006) foi um dos autores que observou um aumento na densidade do novo material produzido, levando a uma redução da absorção de água e da porosidade, e a um aumento da retração linear e da resistência mecânica dos corpos cerâmicos. Notou-se também que a cerâmica produzida é adequada na produção de tijolos maciços e telhas para a construção civil. Pureza (2004), que também avaliou o efeito da adição, encontrou maiores valores de retração linear e menores de absorção de água. Da mesma forma, Stathopulos et al (2013) investigaram o potencial de utilização do PAE em blocos estruturais de cerâmica, nos percentuais de 2,5 e 5,0% de resíduo, e sinterizando as amostras entre 850 e 950°C, estas se apresentaram mais resistentes a partir da adição do pó.

1.3 Viabilidade ambiental

Quando a prática de reciclagem visa a incorporação de um resíduo perigoso em um produto, a expectativa é de que o primeiro seja imobilizado na estrutura do segundo a partir de mecanismos de solidificação/estabilização que ocorrerão durante o processamento do material. (Pureza, 2004). Paralelo a isso, está a necessidade de avaliações ambientais mais detalhadas, que investiguem além dos parâmetros adotados como padrão, a exemplo da lixiviação e solubilização de elementos no produto final. Isso porque, no caso da indústria cerâmica, durante o ciclo de queima a temperatura dos fornos pode variar entre 800 e 1000°C, com faixas ainda mais amplas dependendo das condições de processo. Logo, a volatilização de elementos perigosos, como metais pesados, torna-se também uma possibilidade. Neste contexto, evidencia-se a carência de estudos que contemplem a análise de emissões atmosféricas de processo além dos indicadores tradicionalmente usados para qualidade do ar (NO_X, CO e SO_2), o que pode comprometer e inviabilizar a fabricação em escala industrial de materiais que tenham incorporado na sua composição resíduos perigosos.

2. OBJETIVO

Propor uma metodologia para coleta e análise das emissões oriundas do processo de reciclagem do pó de aciaria elétrica em blocos cerâmicos de argila vermelha, especificamente da etapa de sinterização do material.

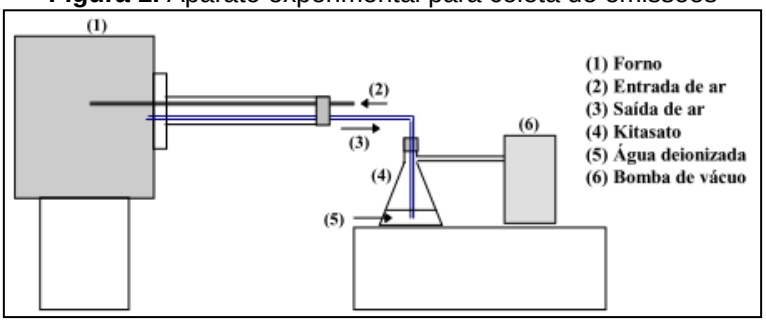
3. MÉTODO DE PESQUISA

Baseado na revisão bibliográfica de estudos anteriores e normas vigentes, o artigo apresenta a construção de um aparato experimental a ser adaptado ao forno elétrico utilizado, com um sistema de borbulhadores conectados que realizam a coleta dos gases de saída do forno.

Dentre os autores que se propuseram a avaliar as emissões atmosféricas de PAE em cerâmicos como parte de seu projeto experimental cita-se Pureza (2004). O autor trabalhou com a sinterização de corpos de prova cerâmicos com o pó a 950 e 1100°C e coletou as emissões por meio de um sistema composto por forno do tipo mufla, tubulações de vidro para a entrada e saída de ar, kitasato, água deionizada e bomba de vácuo. A coleta foi realizada em água deionizada, encaminhada posteriormente para análise química, verificando-se que a adição de PAE provocou um acréscimo da concentração de zinco, sulfato, flúor, chumbo, cádmio, cromo IV, cloro, ácido nítrico e arsênio

nos gases da sinterização quando comparado aos gases da formulação de referência (só com argila). O aparato utilizado no estudo é demonstrado pela Figura 1.

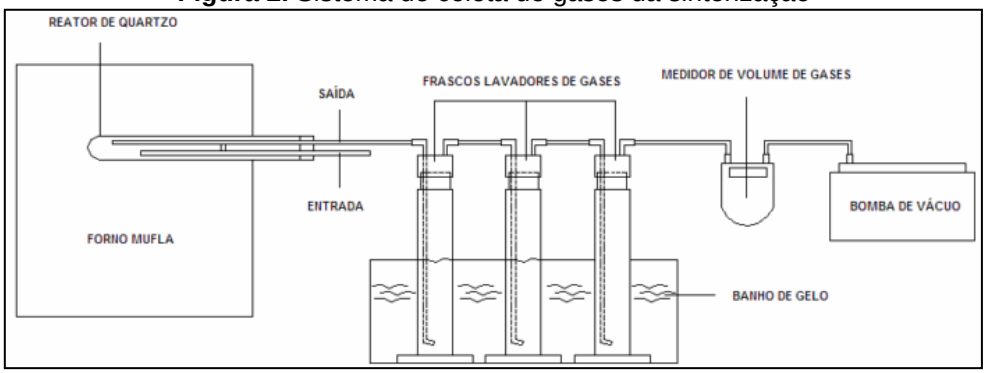
Figura 1. Aparato experimental para coleta de emissões



Fonte: Pureza (2004).

Silva (2006), por sua vez, estudou a adição de PAE em formulações de 0, 1, 5, 10, 20 e 30% em peso de pó, investigando também a evolução do zinco presente no resíduo durante o processamento do material inserido em um reator de quartzo e sinterizado em um forno elétrico do tipo mufla. As emissões gasosas provenientes da sinterização dos corpos-de-prova a 850, 950 e 1050°C, com taxa de aquecimento de 150°C/h e 300°C/h, em patamar de queima de 2 horas, foram coletadas em frascos com água deionizada, imersos em banho de gelo. A baixa temperatura foi utilizada para aumentar a solubilidade dos gases em solução, analisada por espectroscopia de absorção atômica. O sistema de coleta é ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Sistema de coleta de gases da sinterização



Fonte: Silva, 2006.

Concluiu-se que o elemento zinco não ficou totalmente imobilizado na estrutura cerâmica, sendo emitido em maiores quantidades conforme o aumento da taxa de aquecimento, mas ainda assim em valores inferiores a legislação vigente. (BRASIL, 1999).

Considerando as condições de processamento de massas cerâmicas e os elementos voláteis e semi-voláteis encontrados na maioria dos estudos com determinação de composição do PAE, foram eleitos como parâmetros de interesse: cádmio, chumbo, zinco e cloro, que deverão ser devidamente coletados caso venham a ser volatilizados durante a etapa de sinterização.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em termos de composição química, o PAE apresenta uma grande variedade de elementos bem como suas respectivas quantidades, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2. Faixa de composição do PAE de acordo com estudos anteriores

Fe	21,43 – 58,30	**P**	0,11 – 0,30	**Co**	0,004 – 0,05
Zn	10,76 – 45,52	**Cu**	0,07 – 0,43	**C**	1,10 – 1,61
Ca	1,82 - 4,87	**Cr**	0,07 – 3,20	**Mo**	0,01 – 0,09
Si	0,10 – 1,95	**Ti**	0,05 – 0,15	**Ni**	0,01 – 0,20
Mn	1,41 – 2,27	**Br**	0,07 – 0,53	**Na**	0,70 – 1,60
Mg	0,92 – 2,21	**Sn**	0,01 – 0,25	**Ba**	0,02
Cl	1,43 – 6,23	**Cd**	0,01 – 0,11	**Sr**	0,01 – 0,04
K	0,56 – 2,59	**S**	0,29 – 1,26	**Zr**	<0,04
Pb	0,98 – 3,73	**Al**	0,18 – 0,73		

Brehm et al, 2001	Pureza 2004	Silva 2006	Machado et al, 2006	Souza et al, 2010	Telles 2010	Grillo et al, 2013	Ramos 2013	Metz 2016

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Considerando que as temperaturas de processamento usualmente empregadas em fornos cerâmicos se situam na faixa de 800 a 1000°C, torna-se importante verificar quais possíveis elementos poderão ser volatilizados nestas condições. Para tanto, pode-se usar como base a classificação de volatidade segundo Klein et al (1975), apresentada no Quadro 3.

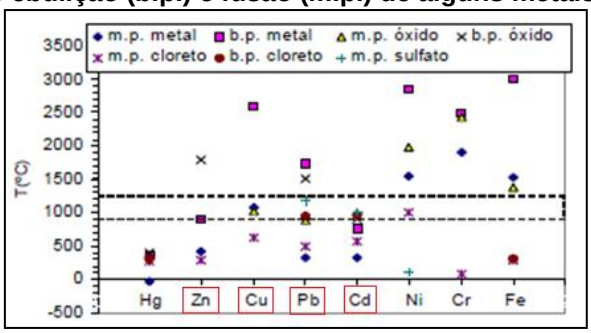
Quadro 3: Volatilidade dos elementos

Classe	Característica	Elementos
Não voláteis	Elevado ponto de ebulição e difícil volatilização	Al, Ba, Be, Ca, Co, Fe, K, Mg, Mn, Si, Sr, Ti
Semi-voláteis	Volatilizam na combustão e podem condensar na superfície das partículas à medida que os gases arrefecem	Pb, Cd, Se, Sb, Zn, As, Cu, Ga
Voláteis	Podem ser liberados na fase gasosa	Hg, Cl, Br

Fonte: Klein et al, 1975.

Dentre os elementos voláteis e semi-voláteis indicados, zinco, cloro, chumbo, cobre e cádmio foram determinados na maioria dos estudos de caracterização de pós de aciaria. O cloro, uma vez classificado como volátil, facilmente pode ser emitido pela massa cerâmica. Por outro lado, quanto aos metais, é necessária uma avaliação de seus pontos de ebulição, como ilustra a Figura 3.

Figura 3. Pontos de ebulição (b.p.) e fusão (m.p.) de alguns metais e seus compostos



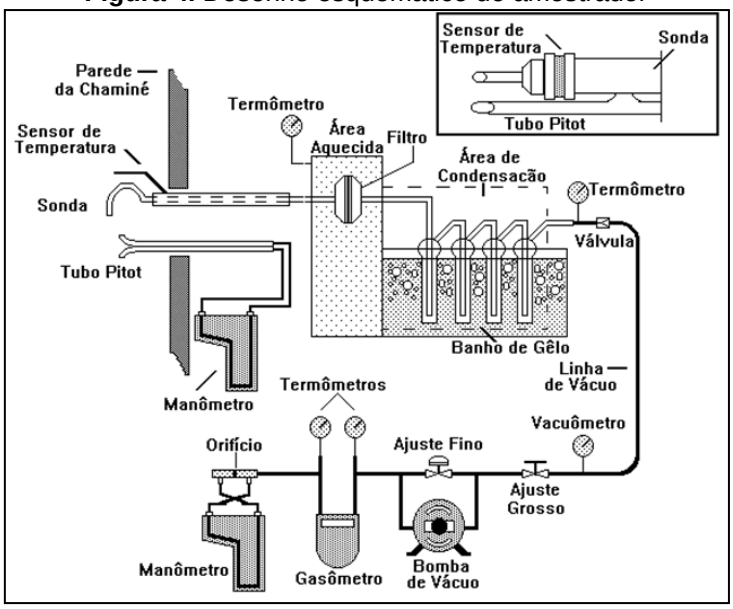
Fonte: Youcai; Lijie; Guojian, 2002.

A figura indica a possível evaporação de zinco e cádmio em sua forma metálica entre 800 e 900°C, enquanto que chumbo e cádmio, combinados com cloreto, volatilizam a aproximadamente 900°C.

A partir destas informações, constata-se então a possível emissão atmosférica de zinco, cádmio, chumbo e cloro durante o processamento de corpos cerâmicos com PAE. É importante ressaltar, no entanto, que os resultados encontrados dependem não só da composição do resíduo em si, mas da capacidade da massa cerâmica em inertizar os elementos tóxicos durante a etapas de sinterização.

Para a coleta e análise dos metais, indica-se a realização dos procedimentos do Method US EPA 29 (US EPA, 2000), que trata da amostragem e determinação de metais em efluentes gasosos de dutos e chaminés de fontes estacionárias. Já na coleta e análise do ácido clorídrico e cloro livre, recomenda-se como referência a norma CETESB L9.231 (CETESB, 1994), sobre determinação em fluxo gasoso em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Dentre os instrumentos e equipamentos demandados pelas técnicas estão o amostrador isocinético de poluentes atmosféricos, a sonda de amostragem de vidro ou teflon provida de pitot e termopar, o conjunto de borbulhadores (do tipo Greenburg Smith) e boquilhas.
O amostrador isocinético é constituído por um painel de controle, um compartimento de caixa quente e fria, uma extensão flexível e uma sonda de coleta. A Figura 4 detalha o equipamento em questão, que será acoplado ao forno elétrico.

Figura 4. Desenho esquemático do amostrador



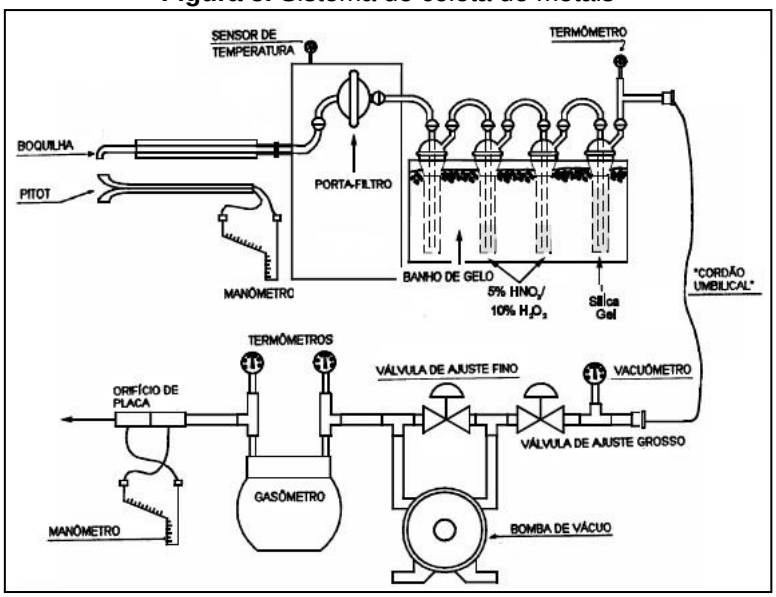
Fonte: SJC, 2013.

Na prática, uma amostra é retirada isocineticamente da fonte, as partículas emitidas são coletadas pela sonda em um filtro aquecido enquanto que os gases são recolhidos em soluções absorventes adequadas para os analitos.

O sistema de condensação do Method US EPA 29 consiste de quatro borbulhadores conectados em série, com acessórios de vidro esmerilhado. O primeiro borbulhador fica vazio em função de reter a umidade da amostra. O segundo e o terceiro devem conter cada um 100 ml da solução absorvente compostas por 5% ácido nítrico e 10% de peróxido de hidrogênio. Os ácidos são utilizados a fim de manter os íons metálicos em solução através da conversão em seus sais de nitrato, que são altamente solúveis, reduzindo dessa forma sua precipitação e evitando perdas com uma melhor preservação da amostra. O quarto e último é preenchido com 200 a 300g de sílica gel, que age como agente dessecante.

O tempo de coleta de cada amostra é de no mínimo 1 hora. A baixa temperatura condicionada pelo banho de gelo proporciona o aumento da solubilidade dos gases em solução. A Figura 5 representa o sistema descrito.

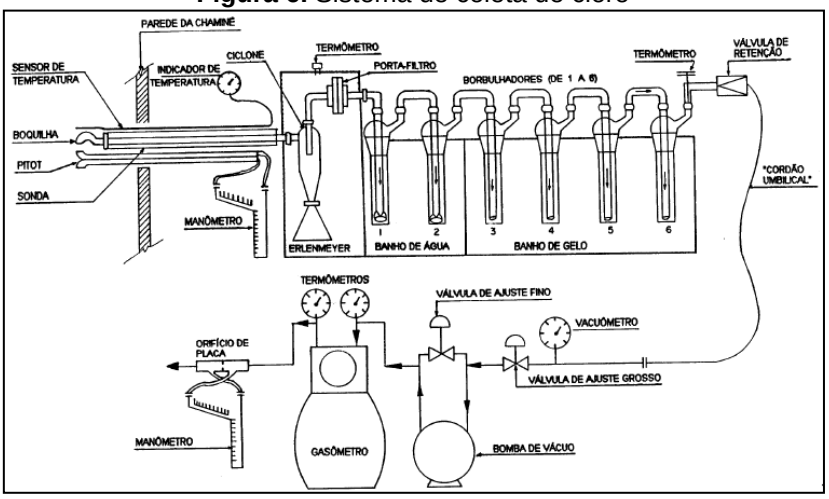
Figura 5. Sistema de coleta de metais



Fonte: Adaptado de EPA, 2000

O sistema de condensação da norma CETESB L9.231 possui 6 borbulhadores conectados em série. O princípio da técnica consiste na coleta do ácido clorídrico e parte do cloro livre nos dois primeiros borbulhadores contendo cada um 100 ml água destilada e deionizada a temperatura ambiente. O restante do cloro livre é absorvido em 100 ml de solução de hidróxido de sódio 0 5% em peso no terceiro e quarto borbulhadores (banho de gelo). O quinto borbulhador fica vazio para retenção da umidade e o sexto contém de 200 a 300g de sílica gel (banho gelo).

Figura 6. Sistema de coleta de cloro



Fonte: CETESB, 1994.

O tempo de coleta em cada ponto não deve ser inferior a 2,5 minutos e o tempo total não deve ser inferior a 60 minutos.

5. CONCLUSÃO

O crescimento de estudos relacionados aos tratamentos alternativos de PAE reafirmam cada vez mais o seu potencial de reciclagem, em especial, sob a perspectiva de ganhos em propriedades no produto final e em economia de recursos como matérias-primas e energia. No entanto, a viabilidade ambiental das técnicas deve ser explorada além dos ensaios de lixiviação e solubilização de elementos perigosos tradicionalmente empregados. É necessária também a conscientização social de empresas e pesquisadores quanto à saúde e bem-estar da população circunvizinha às olarias, bem como aos operadores do processo, diretamente sujeitos aos impactos decorrentes da emissão atmosférica de poluentes na sinterização deste novo material. Desta forma, este estudo contribui na indicação de uma metodologia que possa ser difundida e aplicada em pesquisas semelhantes a fim de validar por completo a técnica de reciclagem sob a perspectiva dos possíveis impactos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 264**, de 26 de agosto de 1999. Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos.

BREHM, F. A. et al. **Caracterização química, térmica e estrutural de pós de aciaria elétrica**. SEMINÁRIO DE FUSÃO, REFINO E SOLIDIFICAÇÃO, 13., Salvador, 2001. Anais... Salvador: ABM, 2001.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **L9.231** – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação de Cloro Livre e Ácido Clorídrico – Método de Ensai. 1994.

FISCHER, Y. R. et al. **Produção Mais Limpa em uma Indústria Siderúrgica**. In: 5th International Workshop – Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2015.

GRILLO, Felipe F. et al. Adição de poeira de aciaria elétrica em ferro-gusa líquido. **Tecnol. Metal. Mater. Miner.**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 1 -7. 2013.

MACHADO, Janaína G. M. da Silva. et al. Characterization study of electric arc furnace dust phases. **Materials Research**, v. 9, n. 1, p. 41-45. 2006.

MANFREDINI, Constance; SATTLER, Miguel Aloysio. **Impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha, no Estado do Rio Grande do Sul.** 2003. In: III Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. São Carlos, São Paulo.

METZ, Josué Claudio. **Avaliação do uso combinado de pó de aciaria elétrica (PAE) com resíduo de forno de cal (RFC) no tempo de pega da pasta de cimento**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2016.

MORETE, G. F., PARANHOS, R.P.R., HOLANDA, J.N.F. Avaliação de Algumas Propriedades Físico-Mecânicas de Corpos Cerâmicos Incorporados com Resíduo de Escória de Soldagem. **Revista Matéria**, p. 232-237. 2006.

PAULINO, Mateus Alves Segundo. **Caracterização da poeira de aciaria elétrica e estudo termodinâmico visando a recuperação da ferrita de zinco $ZnFe_2O_4$**. 2013. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia Metalúrgica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

PUREZA, Julio César Cestari. **Utilização de resíduos industriais de baixa granulometria em massas cerâmicas de argila vermelha**: aspectos tecnológicos e ambientais. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

RAMOS, Rodrigo Alves. **Caracterização do pó de aciaria elétrica e estudo da viabilidade de processos de aproveitamento**. 2013. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Metalúrgica) -- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

SILVA, Mírian Cooper da. **Reciclagem de pó de aciaria elétrica como matéria-prima na fabricação de materiais cerâmicos argilosos**: controle das emissões atmosféricas de zinco. 2006. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SJC Química. **Procedimento para coleta de metais em fontes fixas de emissão.** Esteio, 2013. Documento interno da empresa.

SOUZA, Carlos A. C. de. et al. Stabilization of electric-arc furnace dust in concrete. **Materials Research**, v. 13, n. 4, p. 513 – 519. 2010.

STATHOPOULOS, V. N. et al. Structural ceramics containing electric arc furnace dust. **Hazard. Mater.**, v. 262, p. 91–99, 2013.

TELLES, Victor Bridi. **Reciclagem da poeira de aciaria elétrica na sinterização de minério de ferro visando a eliminação de zinco**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENAL PROTECTION AGENCY (US EPA). M-29, **Test Method 29** – Determination of metal emissions from stationary sources. 2000. In: Code of Federal Regulations, Promulgated test methods.Title 40, Part 60, Appendix A, Method 29. Washington, DC.

528. PROPOSTA DE PROJETO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA O MUNICÍPIO DE SÃO PAULO DO POTENGI - RN

RODRIGUES, Flávia de Souza[1](flaviasouza1210@gmail.com); MARQUES, Abrahão Cosmo[2] (abrahaocm@gmail.com); MAIA, Gustavo Freitas[3](gfreitasmaia@gmail.com), ARAUJO, Neuber Nascimento(neuber.araujo@ifrn.edu.br)[4]*

[1 2 3 4] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Brasil

*Autor correspondente

RESUMO

A indústria da Construção Civil é responsável por gerar uma quantidade elevada de resíduos sólidos de construção civil (RCC), ocasionando problemas ambientais diversos. A principal ação efetiva em termos legais, para a minimização dos problemas ambientais gerados, se deu com a criação da Resolução 307 de 2012 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que definiu responsabilidades e deveres, justificando um novo sistema de gestão, o qual exige dos geradores a redução, reutilização e reciclagem, tratamento e disposição adequada para o RCC. Atualmente, diversas cidades já desenvolvem projetos de incentivos para a reciclagem e reutilização desse tipo de resíduo, de modo a minimizar os impactos gerados pelos mesmos, seja visual, ambientais, sociais ou econômicos. Diante desta problemática, o objetivo deste trabalho consiste em elaborar uma proposta de Projeto para o gerenciamento de resíduos da construção civil no município de São Paulo do Potengi (RN), apresentando um diagnóstico do município; caracterização dos RCC; proposta para armazenamento do RCC e possibilidades de destinação dos resíduos. A metodologia utilizada consiste em aplicar questionários com os moradores e efetuar registros fotográficos para diagnostico ambiental do município em relação ao gerenciamento de RCC. Os resultados obtidos evidenciam a existência de normas técnicas e resoluções ambientais que orientam sobre a correta destinação do RCC; ratificam a ausência de informação da população sobre o gerenciamento de RCC no município e a aplicação destas normas e indicam que a maior parte da população municipal destina o RCC em locais inadequados. Como medidas conclusivas e corretivas foram elaborados projetos para a destinação do RCC para os pequenos e grandes geradores, contemplando as orientações das normas ambientais, levando em conta a viabilidade técnica e financeira para a gestão municipal local.

Palavras-chave: RCC; Diagnóstico; Gerenciamento

PROPOSAL FOR THE PROJECT OF CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT FOR THE MUNICIPALITY OF SÃO PAULO DO POTENGI – RN

ABSTRACT

The Civil Construction industry is responsible for generating a high amount of solid construction waste (RCC), causing diverse environmental problems. The main effective legal action to minimize the environmental problems generated was the creation of Resolution 307 of the National Environment Council (CONAMA), which defined responsibilities and duties, justifying a new management system, the Which requires the generators to reduce, reuse and recycle, treat and dispose appropriately for the RCC. Currently, several cities already develop incentive projects for

the recycling and reuse of this type of waste, in order to minimize the impacts generated by them, whether visual, environmental, social or economic. In view of this problem, the objective of this work is to elaborate a project proposal for the management of construction waste in the city of São Paulo do Potengi (RN), presenting a diagnosis of the municipality; RCC characterization; Proposal for the storage of RCC and possibilities of waste disposal. The methodology used consists of applying questionnaires with the residents and making photographic records for environmental diagnosis of the municipality in relation to the management of RCC. The results obtained evidenced the existence of technical norms and environmental resolutions that guide the correct destination of the RCC; Ratify the absence of information from the population about the management of RCC in the municipality, application of these norms and indicate that the majority of the municipal population destines the RCC in inappropriate places. As a conclusive and corrective measure, projects were developed for the RCC's allocation to small and large generators, taking into account the guidelines of environmental standards, taking into account the technical and financial feasibility for local municipal management.
Keywords: RCC; Diagnosis; Management

1. INTRODUÇÃO

A partir das atividades da indústria da Construção Civil tem-se a geração de resíduos como uma preocupação cada vez mais presente para os que fazem parte da cadeia produtiva, visto que proporcionam um alto consumo energético, contribuem para o aumento da poluição atmosférica, ruído e utilização dos recursos naturais. Neste sentido, há uma gradativa necessidade de amenizar os impactos ambientais, associados ao setor da construção civil, seja na fase de produção de materiais e componentes de edificações, seja na construção, no uso e na demolição da mesma.
Morelli e Ribeiro (2009) ratificam a participação da construção civil dentre os maiores geradores de resíduos, evidenciando que cerca de 61% dos resíduos gerados nos grandes centros urbanos são provenientes de suas atividades, correspondendo a uma produção de 90 milhões de toneladas/ano de resíduo. Porém, destacam que apesar da grande quantidade de resíduos gerados, a construção civil possui a maior possibilidade de reinserção de resíduos em seus processos construtivos, a partir da reciclagem ou reutilização daqueles.
No Brasil, dispomos da Resolução n° 307 do CONAMA (Brasil, 2002), que entrou em vigor em Janeiro de 2003 com o objetivo de disciplinar e orientar sobre a destinação dos resíduos de construção. Condizente a esta resolução, temos que a política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana exige que todos os municípios devem efetivar a destinação ambientalmente correta aos resíduos de construção e demolição.
A partir desta resolução, os resíduos sólidos podem ser classificados e apresentarem destinações específicas, como se observa na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação e destinação dos resíduos

Classes	Classificação	Destinação
A	Resíduos recicláveis como agregados, tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra.	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados para áreas de aterro de RCC.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros e gesso.	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Resíduos perigosos como tintas, solventes, óleos e amianto (Contaminados)	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: CONAMA, 2002

Em 2004, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), apresentou um conjunto de normas com base nas diretrizes estabelecidas pelas resoluções do CONAMA, com o objetivo de padronizar e reconhecer o uso do RCC, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Normas Técnicas sobre Resíduos de Construção Civil

NBR 15112	Resíduos de construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR 15113	Resíduos de construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR 15114	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR 15115	Agregados reciclados de resíduos sólidos de construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.
NBR 15116	Agregados reciclados de resíduos sólidos de construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Fonte: Adaptado da ABNT (2004)

Venturini (2014) complementa que este conjunto de políticas, normas e instrumentos possibilita que os agentes envolvidos na cadeia dos resíduos desenvolvam iniciativas no rumo da sustentabilidade dos processos de gestão.

As problemáticas ambientais envolvendo a grande geração de resíduos da construção civil são notórias, bem como as inúmeras interferências no meio ambiente devido ao acúmulo e destinação inadequada para o resíduo. A partir disto, há diversas normas e resoluções ambientais orientando sobre a elaboração de planos de gerenciamento de RCC com o intuito de assegurar a correta gestão dos resíduos durante as atividades cotidianas de execução das obras e dos serviços de engenharia,

cabendo aos municípios criar um mecanismo de gerenciamento para os pequenos geradores e orientar os grandes geradores em relação ao destino final dos resíduos de suas obras para que exista controle dos descartes e reaproveitamento, proporcionando benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

Ângulo, Zordan e John (2008) enfatizam que o desenvolvimento sustentável está ligado diretamente com a reciclagem de resíduos e assim como qualquer atividade humana, também pode causar impactos ao meio ambiente. Logo o processo de reciclagem acarreta riscos ambientais que precisam ser adequadamente gerenciados.

Em agosto de 2010 foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos através da Lei Federal nº 12.305 apresentando os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

A presente lei define o gerenciamento de resíduos sólidos como um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

Segundo Nagalli (2015), o gerenciamento de resíduos tem o intuito de propor medidas para a correta gestão dos resíduos produzidos em atividades ligadas à construção civil, devendo incluir planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e programar ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos. O autor complementa, ainda, que as medidas se apoiam em estratégias de não geração, minimização, reutilização, reciclagem e descarte adequado dos resíduos.

Oliveira (2015) afirma que as técnicas de reutilização, apesar de simples, contribuem diretamente para a redução dos resíduos que seriam depositados em aterros de RCC, assim como, com a preservação do meio ambiente, através da conservação dos recursos naturais. Porém, mesmo com todos os danos que o RCC mal depositado causa ao meio ambiente e mesmo com as vantagens advindas da reciclagem, a reutilização ainda não é uma realidade presente no cotidiano das construções civis.

2. OBJETIVO

São Paulo do Potengi é um município brasileiro do Rio Grande do Norte localizado na chamada Região do Potengi ou Agreste Potiguar. A cidade está a 78 quilômetros da capital, tendo uma área de 240,425 quilômetros quadrados de extensão, e uma população de 17.407 pessoas. Quanto aos limites geográficos, São Paulo do Potengi tem como limitada pelos seguintes municípios: Riachuelo, Senador Elói de Souza, Lagoa de Velhos, Barcelona, São Pedro e Santa Maria.

A partir da problemática obtida em função do acumulo de RCC nas pequenas cidades, esta pesquisa tem por objetivo principal elaborar uma proposta para o gerenciamento de resíduos no município de São Paulo do Potengi – RN. Para isso, foram definidos objetivos específicos que consistem em analisar como se dá o gerenciamento de resíduos no município e a partir disto, elaborar um estudo comparativo entre o que é proposto pelas normas ambientais e o que vem sendo praticado em termos de gestão de RCC.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia utilizada para se atingir os objetivos propostos na pesquisa foi dividida em etapas e está apresentada no fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma com metodologia da pesquisa



Na primeira etapa foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de reunir as principais normas e resoluções ambientais em vigor, de modo a levantar as principais exigências normativas para que sirvam de orientação na verificação da situação ambiental da cidade.

Foram coletados dados normativos no município, para verificar se havia alguma lei municipal que orientasse a coleta de RCC. A fim de se obter uma análise sobre a gestão dos resíduos da construção civil no município de São Paulo do Potengi – RN foram realizadas entrevistas com a população local e cidades vizinhas. Os questionários foram aplicados com pessoas de idades e grau de escolaridades diversas, apresentando as perguntas a seguir.

I. Com que frequência você faz obras/reformas?
II. Onde você deposita os resíduos da construção civil?
III. Você se acha responsável pelo destino dos resíduos de construção civil produzidos?
IV. A coleta de RCC ocorre frequentemente no seu município?
V. Você tem conhecimento da legislação relacionada ao RCC?
VI. Nas reformas realizadas, você utilizou ou utilizaria materiais produzidos a partir do RCC descartados/reciclados em outras obras.

Além disto, foram feitos registros fotográficos nas principais ruas e terrenos baldios. A partir dos dados levantados, elaborou-se um estudo comparativo onde foi apresentada a real situação do município em termos de gerenciamento de resíduos e foram propostos possibilidade de deposição dos resíduos para pequenos e grandes geradores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

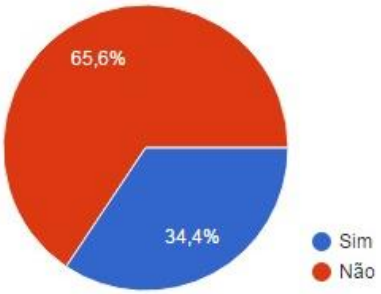
4.1 Levantamento Bibliográfico - normativo

Após a revisão da bibliografia relacionada ao tema da pesquisa, pode-se observar que os principais instrumentos de orientação, representados por leis, resoluções e normas técnicas oferecem informações de como gerenciar os resíduos sólidos da construção civil e de outros segmentos.
Em contrapartida, na lei orgânica do município de São Paulo do Potengi – RN não há nenhuma orientação sobre a destinação dos resíduos produzidos. Percebe-se com isso, que há problemas em termos de se apresentar a população as responsabilidades sobre os resíduos gerados e principalmente, onde devem ser depositados. A ausência de Plano Municipal de gerenciamento de resíduos representa um agravante em relação à Gestão de RCC na região.

4.2 Diagnóstico do município

Os resultados obtidos com a aplicação dos questionários estão apresentados a seguir.
Na Figura 04, percebe-se que 65,6% da população entrevistada realizaram reformas nos últimos 02 anos, ou seja, mais da metade dos entrevistados realizaram reformas em suas residências ou estabelecimentos comerciais.

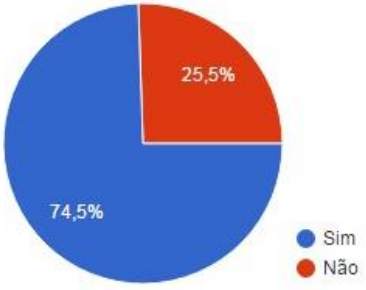
Figura 2. “I - Com que frequência você faz obras/reformas? ”



Após verificada a frequência de realização de obras e reformas no município e região, perguntou-se “II – Onde você deposita os resíduos de construção civil?”, a fim de se verificar os locais utilizados pela população para deposição de RCC na região. Entre as respostas obtidas, chegou-se a conclusão sobre a utilização de pontos distintos de deposição de resíduos, tais como, terrenos baldios próximos ao local onde se construiu, em frente à residência para ser coletada posteriormente pela prefeitura ou em pontos de coleta de lixo doméstico.

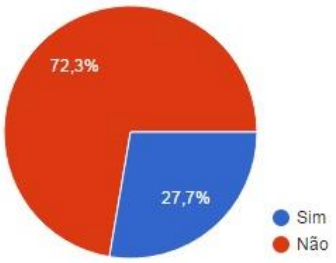
No gráfico apresentado na Figura 3, constata-se que 74,5% da população entrevistada se acha responsável pelos resíduos que são gerados por eles mesmos. Porém, há margem para que os resíduos sejam depositados em locais que a população ache conveniente, conforme apresentado no item anterior.

Figura 3. “III - Você se acha responsável pelo destino dos resíduos de construção civil produzidos? ”



Na Figura 4 são apresentados os resultados sobre a frequência da coleta do RCC nas ruas da cidade. Dentre os entrevistados, cerca de 72,3% responderam que a coleta não é realizada com frequência, facilitando o acúmulo dos resíduos no município em pontos diversos da cidade.

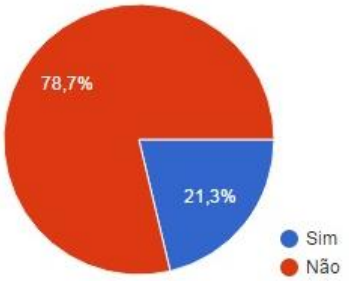
Figura 4. “IV - A coleta de RCC ocorre frequentemente no seu município?”



Apesar de a responsabilidade ser atribuída ao gerador dos resíduos, a prefeitura local é quem realiza a coleta dos resíduos domésticos e do RCC gerados. Isso acontece, por não haver educação ambiental e nem meios de divulgação sobre a responsabilidade e meios de deposição destes resíduos. Como grande parte da população deposita o RCC onde achar conveniente, cabe a prefeitura realizar a coleta como medida corretiva.

Na Figura 5 são apresentados os resultados referentes ao conhecimento da população em relação às normas ambientais vigentes. Verifica-se que 78,7% não tem acesso a este tipo de informação.

Figura 5. “V - Você tem conhecimento da legislação relacionada ao RCC?’



Comparando-se os resultados obtidos através das respostas dos questionários, percebe-se nos registros fotográficos realizados, a influência ocasionada pela ausência de informação ambiental por parte da população. Nas principais ruas da cidade, verifica-se que a deposição de RCC em locais inapropriados, como se observa na Figura 6, é constante. Isso se justifica pela inexistência de fiscalização e principalmente, pela ausência de locais adequados para receber este tipo de resíduo.
Observa-se também a grande variedade de materiais presentes no RCC, ou seja, pela falta de informação em relação às normas ambientas e as possíveis destinações para os resíduos, a população acaba misturando o RCC com outros tipos de resíduos, como por exemplo, resíduo doméstico. Verifica-se a presença de resíduos com classificações distintas em relação ao CONAMA, o que dificulta criar os mecanismos de destinação adequada.

Figura 6. RCC depositado em vias públicas



Fonte: Do autor (2016)

Na Figura 7 verifica-se a deposição de RCC em terreno baldio, dificultado a coleta por parte da prefeitura. Tem-se com isso, a confirmação sobre a ausência de planejamento da política urbanística local, o que afeta diretamente o destino dos RCC e possível reaproveitamento dos mesmos.

Figura 7. RCC depositado em terrenos baldios



Fonte: Do autor (2016)

4.3 Soluções Propostas

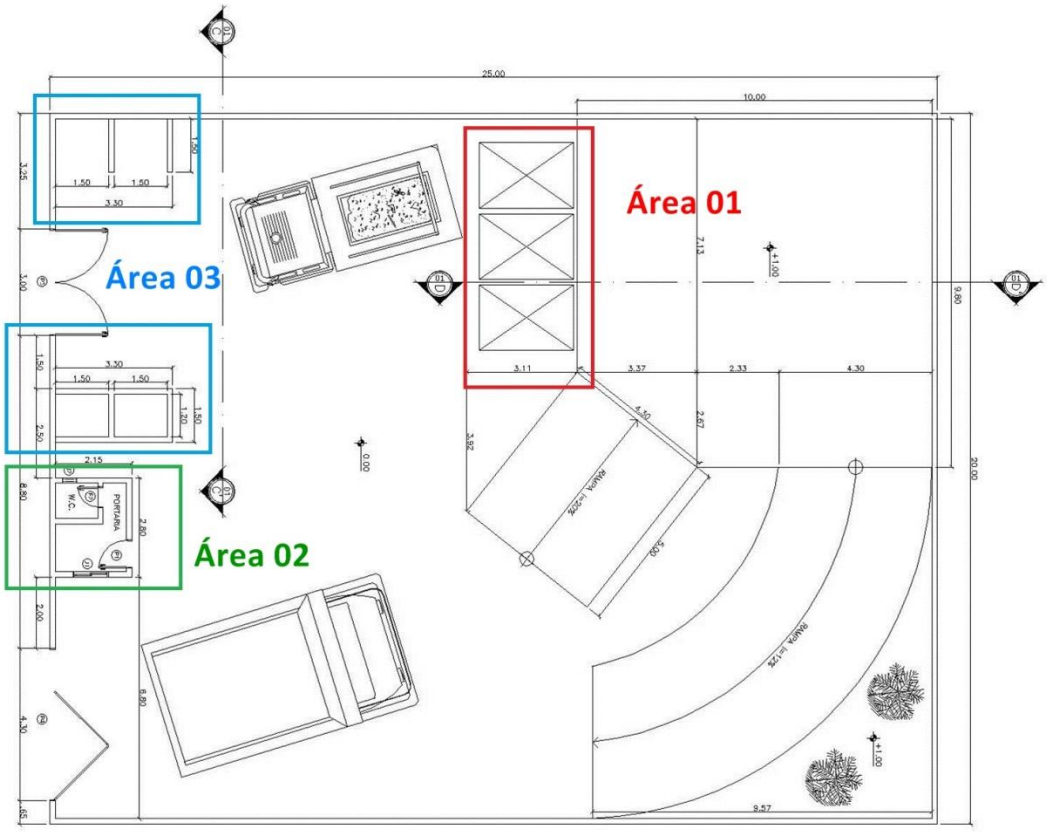
Como soluções para os problemas relacionados ao gerenciamento de RCC no município foram propostos meios de divulgação para a população local e região em relação às responsabilidades sobre os resíduos e a destinação adequada para este tipo de resíduo. É importante transmitir para a população que estes resíduos podem ser reaproveitados para fins diversos e que eles não integram o resíduo doméstico, conforme resoluções ambientais.

Para os pequenos geradores de RCC foi elaborado uma proposta de Projeto de um ecoponto a ser instalado em um terreno baldio da cidade, antes utilizado para deposição clandestina de RCC. O projeto está apresentado na Figura 8 e contempla 03 áreas:

- Área 01 – Área destinada ao armazenamento temporário de RCC.
- Área 02 - Portaria para controlar o recebimento de materiais.
- Área 03 – Área para armazenamento de outros materiais presentes no RCC que são enquadrados em outras classificações do CONAMA e que podem ser reciclados, como por exemplo, papel, vidro, madeira etc.

Com isso, o Projeto contempla uma área para armazenamento temporário de RCC, onde posteriormente, após a triagem dos resíduos recebidos, haverá um redirecionamento para uma área destinada a grandes geradores localizada em uma área mais distante dos centros urbanos.

Figura 8. Projeto para Ecoponto de RCC



5. CONCLUSÃO

Como foi observado, o município de São Paulo do Potengi assim como outros municípios da região, não apresenta um plano de gerenciamento de resíduos, depositando seu RCC em locais inapropriados, contribuindo para uma série de problemas socioeconômicos, ambientais e sociais.

Verifica-se a necessidade da elaboração de um plano de gerenciamento que apresente locais específicos e adequados para o recebimento de resíduos gerados por pequenos geradores, como por exemplo, ecopontos. Para os grandes geradores, é necessário que seja destinado um local com área suficiente para que estes resíduos sejam acondicionados e ao mesmo tempo, não sejam misturados com resíduos domésticos.

Com esse plano, a coleta se tornará regular e os resíduos poderão ser direcionados para a produção de novos produtos, conforme resolução do CONAMA, explorando o potencial dos resíduos e as diversas possibilidades de reciclagem desse material, o que pode gerar um grande impacto socioeconômico na cidade, desde a geração de empregos até o incentivo de políticas públicas ambientais. Com isso, tem-se mecanismos para o correto gerenciamento de resíduos traduzindo em conceitos a favor da sustentabilidade local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Edurado; JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos Na Construção Civil,** Disponível em: **<**http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigo%20IV_ CT206_2001 .pdf > Acesso em 27 de Jan. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112:** Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113 -** Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114** - Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115** - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116** - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.

CONAMA, **Resolução n° 307**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Governo Federal. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2002.

RIBEIRO, Daniel Verás; MORELLI, Márcio Raymundo. **Resíduos Sólidos: Problema ou oportunidade.** Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 158 p.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de textos, 2014.

OLIVEIRA, Tunnus Bárbara. **Uso de resíduos de construção e demolição em argamassas para revestimento de alvenaria**. Rio de Janeiro. 2015. 68 fls. Monografia (Graduação). – Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

VENTURINI, Mariana Maia de Almeida. **Gerenciamento de resíduos da construção civil baseado na gestão adotada pela prefeitura municipal de Belo Horizonte.** 2014. 57 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/112.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2014.

EURO ELECS 2017

ENERGIAS RENOVÁVEIS EM EDIFICAÇÕES

REALIZAÇÃO: UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

PROMOÇÃO: antac

APOIO / PATROCÍNIO: CAPES, CNPq, FAPERGS, CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul INTEGRANDO PROFISSIONAIS E SOCIEDADE

SUMÁRIO

49. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS DE DIFERENTE TIPO DE CELDAS A LA ACCIÓN DE LOS SÓLIDOS SEDIMENTABLES, INSTALADOS EN ZONA URBANA 1103

118. MERCADO FOTOVOLTAICO BRASILEIRO: O MODELO DE NEGÓCIO NACIONAL 1115

266. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PERFIS DE MORADORES PERANTE AO USO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO RIO GRANDE DO SUL 1125

270. DIAGNÓSTICO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE CIDADES GAÚCHAS – ABORDAGEM DO PROJETO PRESUST-RS 1135

298. ESTUDO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DE DUTO DE LUZ ALIADO AO USO DE HELIOSTATO PARA ILUMINAÇÃO DE EDIFICAÇÕES SUBTERRÂNEAS EM PORTO ALEGRE 1145

362. ANÁLISE COMPARATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO DE DIFERENTES ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO 1157

376. MICROGENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE CUENCAS HÍDRICAS EN EL VALLE DE ABURRÁ 1169

383. MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA PROJETOS RESIDENCIAIS 1179

394. ANÁLISE NUMÉRICA DA INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA METÁLICA EM RESERVATÓRIOS TÉRMICOS 1189

408. O RIO GRANDE DO SUL E AS FONTES SUSTENTÁVEIS: ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO 1201

511. USO DA ENERGIA GEOTÉRMICA E FOTOVOLTAICA PARA CONDICIONAMENTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES 1211

544. MODELO DE GERAÇÃO COOPERATIVA PARA ATENDIMENTO DO CONSUMO ENERGÉTICO DAS ÁREAS DE LAZER PÚBLICAS DE SANTA MARIA/RS 1221

49. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS DE DIFERENTE TIPO DE CELDAS A LA ACCIÓN DE LOS SÓLIDOS SEDIMENTABLES, INSTALADOS EN ZONA URBANA

ODOBEZ, Norberto Santiago[1](odobezn@frd.utn.edu.ar); GODOY, Carlos Hernan[1](*godoycarlos74@yahoo.com.ar*); HUATA Ruben[1](rmh_mqv@hotmail.com); LORIA Lucas[2] (lucas.loria@hotmail.com).*

[1]Centro de I+D en Energía y Ambiente (CEA);[2]Laboratorio de química. Facultad Regional Delta. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.

**Autor correspondente*

RESUMEN

Los paneles solares fotovoltaicos, expuestos a los agentes climáticos y a la radiación solar particularmente, acusan degradación con el paso del tiempo. Uno de los factores es la deposición de polvo sobre la superficie del vidrio. En éste trabajo se estudió el comportamiento de los paneles a la acción de los agentes climáticos en particular los sólidos sedimentables.

Los tipos de paneles instalados fueron de: silicio monocristal, silicio policristal y silicio amorfo, con potencia de 10Wp, 10Wp, 12Wp respectivamente. Instalados en el solar de nuestro Centro, desde el año 2008, de acuerdo a las reglas del arte, con una inclinación de 44º10' por sobre la latitud del lugar (34º10') y su orientación azimutal al norte verdadero. La región de influencia está rodeada por una zona urbana, y barrios, carretera internacional de gran caudal vehicular y por fábricas de diferentes tipos de producción.

Los paneles nunca recibieron limpieza externa, solo por la acción de la lluvia o el viento. No estuvieron en funcionamiento durante toda la experiencia para que no fueran afectados, solo al momento de hacer las mediciones para determinar la curva I-V.

Por delante de los paneles y lo más próximo posible a ellos se instaló el dispositivo recolector de sólidos sedimentables diseñado según la Norma ASTM- D1739-98 Ad.2004 – IRAM29299.

Con la información obtenida de nuestra estación meteorológica; los sólidos sedimentables recolectados mensualmente, determinando sólidos solubles e insolubles y las mediciones de la curva I-V, analizamos como han influenciado estos sólidos sobre su comportamiento, teniendo en cuenta como punto de comparación los factores de forma y la potencia máxima de cada curva. La eficiencia de los paneles vario desde un 3% a un 16%, durante el período de la experiencia de dos años, y una correlación similar para los valores medidos en la actualidad.

Palabras-clave: Módulo Fotovoltaico; Sólidos Sedimentables; Eficiencia.

STUDY OF THE BEHAVIOR OF PHOTOVOLTAIC SOLAR PANELS OF DIFFERENT TYPE OF CELLS TO THE ACTION OF SETTLEABLE SOLIDS, INSTALLED IN URBAN AREA

ABSTRACT

Photovoltaic solar panels, exposed to weathering agents and solar radiation in particular, suffer degradation over time. One of the factors is the deposition of dust on the surface of the glass. In this work the behavior of the panels was studied to the action of the climatic agents, in particular the settling solids.

The types of panels installed were: monocrystal silicon, polycrystalline silicon and amorphous silicon, with power of 10Wp, 10Wp, 12Wp respectively. They have been installed on the roof of our Center since 2008, according to the rules of art, with a slope of 44º10 'over the latitude of the place (34º10') and its azimuthal orientation to true north. The region of influence is surrounded by an urban area, neighborhoods, an international road of great vehicular flow and factories of different types of production.
The panels never received external cleaning, only by the action of rain or wind. They were not operational throughout the experiment in order not affected, only at the time of making the measurements to determine the I-V curve.
In front of the panels and as close as possible to them, the sediment collecting device designed according to ASTM-D1739-98 Ad.2004 - IRAM29299 was installed.
With the information obtained from our weather station, the settleable solids collected monthly, (determining soluble and insoluble solids) and the measurements of the I-V curve, it was determined how the solids have influenced the behavior of the panels, taking into account as point of comparison the form factors and the maximum power of each curve. The efficiency of the panels varied from 3% to 16%, during the period of the two years' experience, and a similar correlation for the values measured at present.
Keywords: Photovoltaic module; Settleable solids; Efficiency.

1. INTRODUCCION

La región de influencia de nuestra facultad está rodeada por una zona urbana, próxima a barrios atravesados por una autopista internacional de gran caudal vehicular (AN Nº9) y por fabricas de diferentes tipos de producción, desde acería, refinería, petroquímicas, etc.(Figura1.)
Una experiencia previa sobre un panel solar de 47Wp, que estuvo expuesto por alrededor de cinco años en el solar del Centro CEA, da cuenta de la deposición de material particulado sobre su superficie que hace notar un deterioro particular sobre el mismo.
Esta experiencia no cuantificada, hizo disparar la hipótesis de que un panel ubicado en ésta zona tendría un comportamiento anormal con respecto a su capacidad inicial o que sufriría deterioros prematuros a la vida últil preestablecida por el fabricante, si sobre él no se realizan procesos de limpieza o mantenimiento adecuados. Dando como resultado que para futuras instalaciones de gran potencia, conectadas a la red, sería necesario efectuar la limpieza de grandes superficies,trayendo asociado un incremento de los costos: por disponer de sistemas de limpieza, o sobredimensionar los paneles en un determinado porcentaje.
En general los fabricantes internacionales de paneles aseguran una vida útil, en funcionamiento, de 25 años para los módulos, con una pérdida en su potencia máxima menor al 20%
La experiencia se realizó desde julio del 2008 diciembre de 2010, lo que nos daría como pérdida de rendimiento, en función de lo anterior y si fuera proporcional, un 1,93%. Esto solo como pérdida natural “asegurada” por el fabricante. A la fecha los paneles siguen instaldos por lo cual sería de un 6,4%.
La acción atmosférica y en particular la de los sólidos esta ligada a las condiciones de la región donde están ubicados los paneles, según Said, (1990) para zonas extremas donde se convinan fuertes vientos y arena hay una degradacion que afecta la eficiencia el 7% anual. Según Mohammad (1993) la deposicion en (gr/cm2) de polvo afecta la potencia de salida del panel.

Figura 1. Plano de ubicación paneles



Figura 2. Paneles, celda calibrada, estación meteorológica , colector de sólidos sedimentables y caja de mediciones



2. INSTALACIONES

Se instalaron tres paneles solares fotovoltaicos, sobre el techo del Centro CEA, de acuerdo a las reglas del arte para estas latitudes, inclinación de 44º10' por sobre la latitud del lugar (34º10') y su orientación azimutal al norte verdadero. (Figura 2.). De forma coplanar a los paneles se instaló una celda calibrada, para medir la radiación solar incidente sobre el mismo plano. Se instaló una estación meteorológica marca DAVIS con sensores de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, presión barométrica, radiación solar. Por delante de los paneles y lo más próximo posible a ellos se instaló el dispositivo recolector de sólidos sedimentables

2.1 Tipos de paneles

Los tipos de paneles instalados fueron de tres tipos de tecnologías. (Tabla1).

Tabla 1. Tipos, Magnitudes eléctricas y constantes características de los módulos

Modulo de:	I_{cc} [A]	V_{ca} [V]	I_{max} [A]	V_{max} [V]	P_{max} [W]	α	β	δ	FF
Silicio Monocristal	0,817	21,6	0,575	17,4	10	0,000254	-0,00378	0,05185	0,567
Silicio Policristalino	0,63	21,7	0,58	17,4	10	0,0006	-0,0036	0,085	0,731
Silicio amorfo	0,9	22	0,75	16	12	0,0008	-0,0029	0,0327	0,606

Los mismos no estuvieron en funcionamiento durante toda la experiencia.

2.2 Sólidos Sedimentables (SS)

Para relacionar los sólidos acumulados sobre los paneles con la pérdida de su eficiencia, de forma indirecta, no alterarlos y mediante métodos normalizados, se instaló un sistema de recolección de material particulado, según la norma IRAM 29299 y ASTM- D1739-82, lo más próximo posible a los paneles. De ésta manera se permitiría comparar los efectos sobre los paneles en otras regiones, aplicando esta misma metodología. (Figura 2).

3. METODOLOGÍA

3.1 Determinación de la curva I-V

Para el análisis del desempeño eléctrico de un módulo fotovoltaico es necesaria la determinación de su curva característica *I-V* de corriente y voltaje. A través de esta curva se obtienen la corriente de corto circuito (I_{SC}), el voltaje de circuito abierto (V_{OC}) y el punto de máxima potencia (P_M). La determinación de esta curva, debe ser realizada dentro de condiciones normalizadas de temperatura (T=25°C), radiación solar incidente (G=1000W/m²) y masa de aire (AM=1,5).
Las curvas I-V de los paneles se determinaron mediante las mediciones de la corriente de cortocircuito (I_{sc}), la tensión de circuito abierto (V_{oc}) y 10 pares de valores intermedios, por medio de la fabricación de una plaqueta con resistencias, que permitieron medirlos en forma simultánea como así la temperatura de los paneles.
Los instrumentos utilizados fueron: Multímetro digital TES 2220,Precisión:1.5% del valor medido; Multímetro digital FLUKE 111, Precisión:0.5% del valor medido; Termómetro digital TEGAM 871 y Celda de referencia calibrada SOLARTEC UTN01 Alfa=180.06 W/m²/A.
Para comparar las mediciones fue necesario llevar los valores medidos a los valores de referencia, que normalmente se toma como referencia a los valores normalizados.
Como los valores normalizados difícilmente se encuentren en condiciones normales de funcionamiento y para mantener la standardización del método, se usó como curva de referencia la primera medición realizada con los paneles limpios en las condiciones ambientales y de radiación de ese momento.
Luego todas las curvas obtenidas, las cuales se obtuvieron a valores de radiación próximos entre sí,se llevaron a los valores de referencia para poder compararlas. Según la bibliografía consultada Vera;Gasparin; Krenzinger(2008), Jain; Kapoo(2004), Merbah et. Al (2005); Fuentes et al.(2007)y Soto,Lein; Beckman (2006), existen diferentes alternativas de ecuaciones para corregir estos valores, nosotros utilizamos lo expresado por Anderson, (1996) dado que las mismas se adecuan a los valores de radiación del orden de los 450W/m2, que es cercano a los medidos por nosotros.

3.1.1 *Ecuaciones para la traslación de datos*

Las ecuaciones para la traslación de los valores de tensión V_1 y corriente I_1 (medidos en las condiciones de irradiación E_1 y temperatura del módulo T_1) a las condiciones de referencia (irradiación E2 y temperatura del módulo T2), según Anderson, (1996) para obtener los nuevos valores de tensión V_2 y corriente I_2 fueron:

$$I_{SC2} = \frac{I_{SC1}}{\left[1+\alpha\cdot\left(T_1-T_2\right)\right]\cdot\left(E_1/E_2\right)} \quad (1) \qquad V_{OC2} = \frac{V_{OC1}}{\left[1+\beta\cdot\left(T_1-T_2\right)\right]\cdot\left[1+\delta\cdot\ln\left(E_1/E_2\right)\right]} \quad (2)$$

$$V_2 = V_1\cdot\left(\frac{V_{OC2}}{V_{OC1}}\right) \quad (3) \qquad I_2 = I_1\cdot\left(\frac{I_{SC2}}{I_{SC1}}\right) \quad (4) \qquad P_2 = I_2\cdot V_2 \quad (5) \qquad FF_2 = \frac{P_{MAX2}}{I_{SC2}\cdot V_{OC2}} \quad (6)$$

Donde: E : Irradiancia [W/m²] I_{SC} : Corriente de cortocircuito [A]

I : Corriente [A] V: Tensión [V]

V_{OC} : Tensión de circuito abierto [V] P: Potencia del módulo para los pares de valores V e I [W]

T: Temperatura del módulo α : Coeficiente de corriente [ºC-1]

β : Coeficiente de tensión [ºC^{-1}] δ : Coeficiente adimensional

1 y 2: Condiciones en un nivel de la irradiación y una temperatura específicos del módulo.

$PM = P_{MAX2}$: Potencia máxima para las condiciones de irradiación E_2 y temperatura T_2 [W]

FF_2 : Factor de forma para las condiciones de irradiación E2 y temperatura T_2.]

Fórmula 6, I_{SC2} y V_{OC2} se obtienen de las ecuaciones 1 y 2 respectivamente.

Figura 3. Curvas I-V, Si-Amorfo, llevadas a las mismas condiciones de irradiancia y temperatura

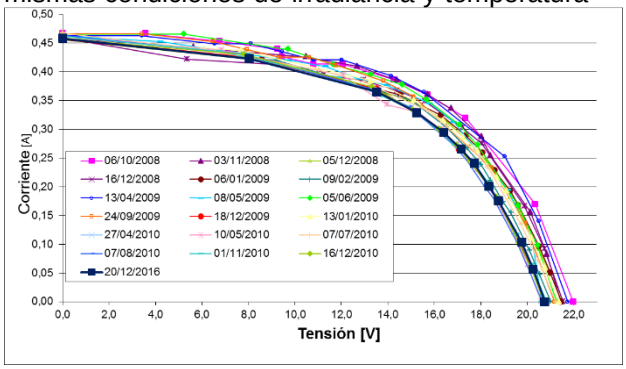


Figura 4. Curvas I-V, Si-Monocristal, llevadas a las mismas condiciones de irradiancia y temperatura

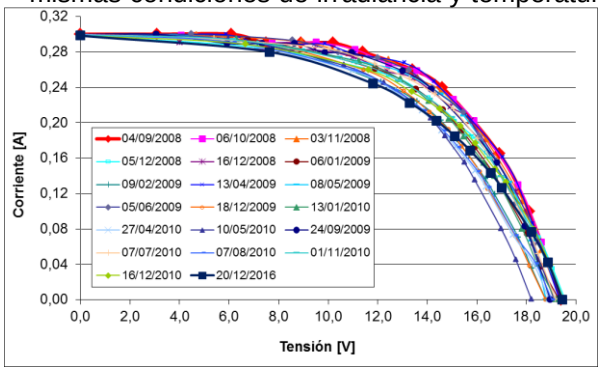
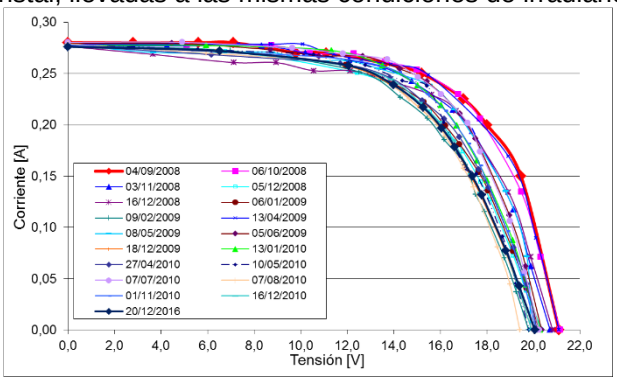


Figura 5. Curvas I-V, Si-Policristal, llevadas a las mismas condiciones de irradiancia y temperatura



3.2 Determinación de los Sólidos Sedimentables (SS)

El método consistió en la recolección de las muestras a través de un cilindro de acero inoxidable calibrado. Las partículas atrapadas en el mismo se analizan gravimetricamente cada mes obteniendo los gramos/m^2/30días. Donde el Rango de Disposición responde a la fórmula: D=W/A (g/m^2/30días):A=área de recolección, representativa del diámetro interior de la cima del contenedor en m^2 y W=masa determinada como la suma de las muestras de soluble e insolubles. Este parámetro (D) es el utilizado para vincular los pesajes obtenidos de sólidos solubles e insolubles con la cantidad de sólidos depositados en cada mes en los paneles.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Efecto de la degradación

Existen diferentes mecanismos por los cuales los módulos fotovoltaicos sufren una degradación y consecuentemente la pérdida de potencia que pueden suministrar. Estas fuentes de degradación pueden ser agrupadas en 5 categorías:

1. Degradación de encapsulante (EVA)
2. Perdidas por polvo sobre el vidrio
3. Degradación de la conexión entre células
4. Degradación causada por ingreso de humedad y aire
5. Degradación del dispositivo semiconductor.

Las primeras dos categorías son relacionadas con las pérdidas ópticas que sufren los módulos. También el vidrio, en consecuencia de su prolongada exposición a la intemperie, pude sufrir un cierto desgaste debido a la abrasión producida por el polvo y el viento, tornándose más áspero y facilitando la adherencia de suciedad. Entretanto, sus propiedades ópticas no varían considerablemente, pero por acumulación de la suciedad sobre ellos, puede suponerse pérdidas en la potencia del orden del 6% en 6 años, Vera;Gasparin; Krenzinger(2008). Según Rodrigues (2009) pueden ser de un 10%.

4.1.1 *Análisis de la observación visual de los módulos*

Esta experiencia quiere particularizar especialmente la acción de los sólidos sedimentables, por lo tanto éstos actuaran sobre la superficie frontal del panel. Punto dos de las cinco categorías.
Para descartar las otras cuatro causas que degradan los paneles, se realizó la visualización de los paneles determinando que:
a) No hay muestras de degradación del encapsulante, esto se evaluó mediante la observación si existe decoloración del material encapsulante (ésta degradación es atribuible normalmente a la exposición larga a la radiación UV y a elevadas temperaturas de las celda, mayores a 70º.
b) No hay muestra de la oxidación de la malla metálica de las celdas (Esta es por la reacción entre el encapsulante y el film antirreflejo, puede causar cortocircuitos y puntos calientes
c) No se observan fracturas entre las interconexiones.
d) No se observan roturas en el panel y las celdas.
e) Se notó al tacto que la superficie del vidrio se siente con una leve rugosidad.
f) La acumulación de polvo sobre el marco es mínima

Estado de los paneles a:

Figura 6. Amorfo Dic:2010



Figura 7. Monocristal Dic:2016



Figura 8. Policristal Dic:2010



4.2.2 *Análisis de las curvas I-V*

Dado que se conoce el vínculo entre la forma de la curva I-V y la Rs (Resistencia serie) y Rp (Resistencia paralelo); donde la modificación de la pendiente de la curva para las zonas de corrientes bajas es atribuible a variaciones (aumento) de la Rs en el circuito equivalente y que la variación de la pendiente en la zona de bajos voltajes es atribuible a variaciones de la Rp del circuito equivalente. (MONTERO, CADENA,FARFAN, 2008).

Observando las Figuras 3, 4 y 5 nos damos cuenta que la variación de la pendiente en la zona de bajos voltajes no es tan notoria lo que indica que la variación de la Rp del módulo no ha sido muy significativa, sin efecto en la disminución en el rendimiento del módulo. (MONTERO ET.AL,2007)

Del mismo modo en la zona de corrientes bajas, no se observa cambios notables en la pendiente de la curva, hecho que indica que la Rs del módulo ha permanecido constante, sin degradación de los contactos, ni del encapsulante y la protección posterior.

Por lo dicho, en principio nos permiten descartar los efectos de degradación asociados a la variación de las resistencias Rs y Rp.

En el caso particular del módulo de silicio monocristal si se observó en las últimas mediciones (año 2016) un cambio de pendiente en las bajas corrientes, esto implica un aumento de la Rs que condicen con las características que tomo el panel como lo muestra la figura 7, en la cual se observa degradación de los contactos y el encapsulante.

4.1.3 *Análisis del Factor de Forma* (*FF*) *y Potencia Máxima* (P_M).

Para analizar los rendimientos tomamos como punto de comparación los FF y P_M, aunque según algunos trabajos Florentino,Seraphin (2005) la variación del FF es inversamente proporcional a la temperatura del panel y la irradiación en el plano del panel, nosotros tomamos éste factor como referencia debido a que trasladamos las curvas I-V medidas, a las mismas condiciones de Irradiación y temperatura, de modo que la evolución del FF queda desafecta de éstas.

Teniendo en cuenta la evolución del FF y P_M de cada uno de los paneles, inferimos que tanto para el panel Si-Monocristal y Si-Amorfo tenemos una disminución oscilante en dicho factor, es decir que si bien el factor disminuye a largo plazo, tiene picos estacionales ascendentes. Mientras que para el panel Si-Policristal éste factor, aunque es oscilante, la tendencia es que a largo plazo pareciera no disminuir pronunciadamente, sino que permanece constante. Los picos ascendentes coinciden con fuertes lluvias, lo que significa una limpieza de los módulos. Siendo el módulo Si-Policristal el que tienen el efecto más pronunciado; el Si-Monocristal un efecto intermedio; y el Si-Amorfo es el que presenta menor lavado.

4.1.4 *Análisis de los Sólidos sedimentables como factor de pérdida en el rendimiento del panel.*

Nuestra hipótesis es que la perdida de rendimiento en los paneles es debida a la obstrucción provocada por los sólidos acumulados en su superficie, dado que se descartan las otras causas analizadas en los puntos precedentes. No podemos analizar los sólidos como parámetro independiente. Es por esto que analizamos los sólidos en conjunto con otros parámetros tales como las lluvias y los vientos en el lugar. Figuras 9,10 y11.

Pudimos observar que debido a la orientación de los paneles hacia el norte verdadero, los vientos provenientes de dicha dirección suelen coincidir con el aumento de los SS, mientras que vientos coplanares con los paneles, generalmente provenientes del oeste, suelen limpiarlos.

Si bien en la época de los primeros meses de primavera se producen fuertes lluvias, éste efecto es contrarrestado por el aumento de los SS, siendo el efecto neto la disminución del rendimiento.

Existen saltos en el FF y PM donde los paneles vuelven a tener rendimientos superiores a los meses precedentes. Este efecto se repite durante los primeros meses de los otoños de cada año.

La razón para este fenómeno es una limpieza parcial de los paneles debida a las condiciones ambientales en estos meses que eliminan parte de los sedimentos.

Figura 9. Si-Amorfo

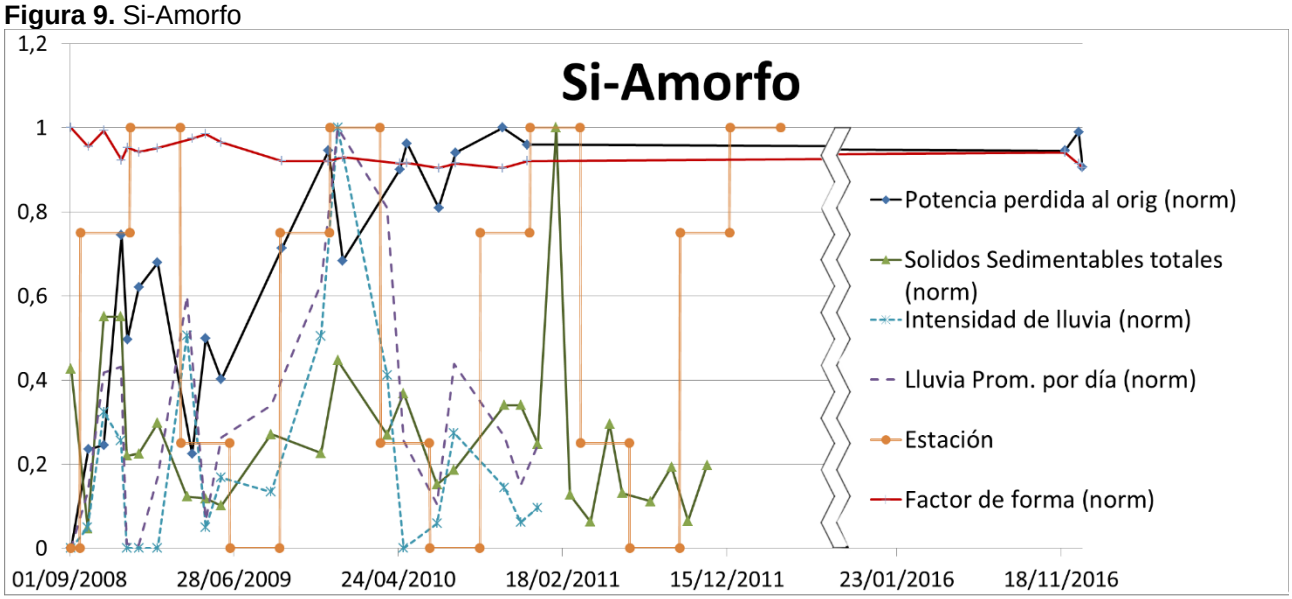


Figura 10. Si-Monocristal

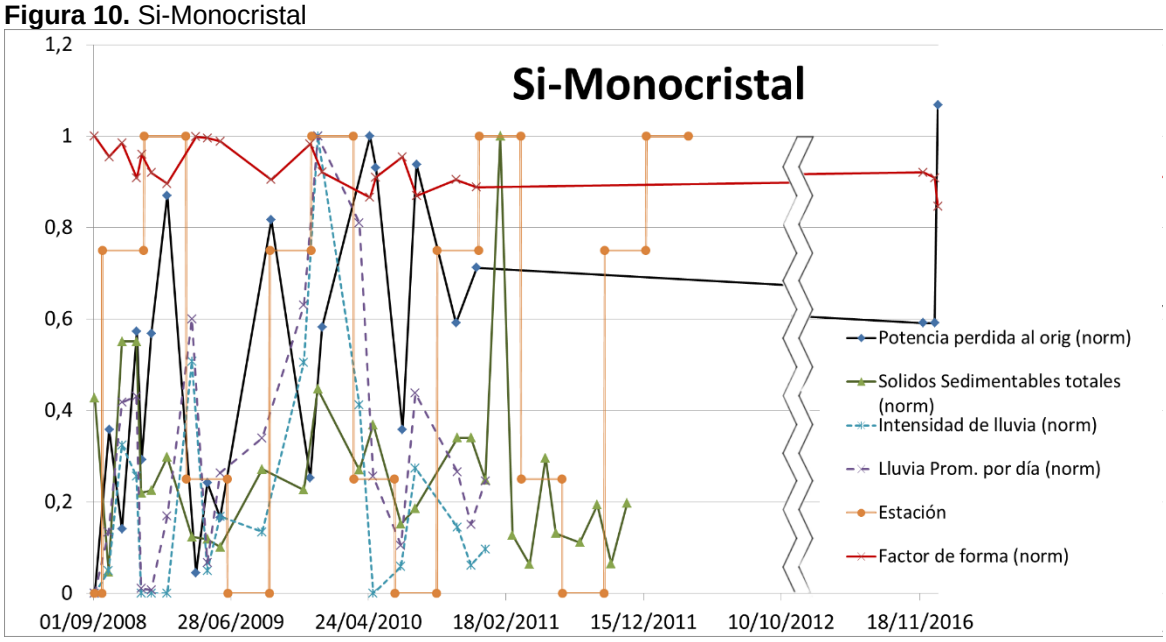
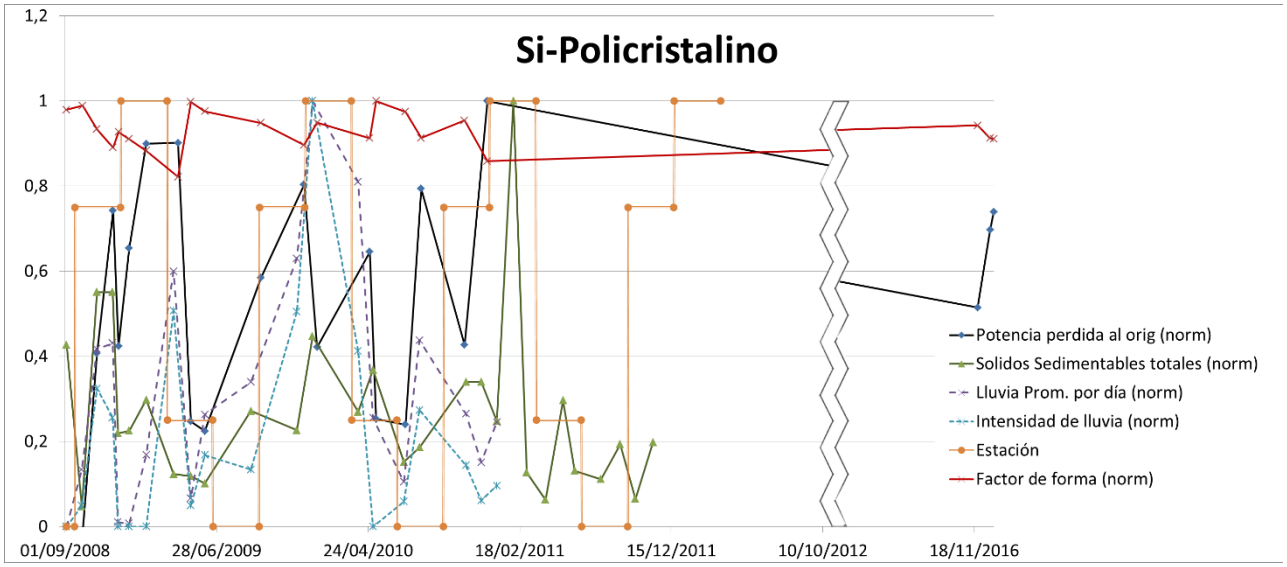


Figura 11. Si-Policristal



Notas para figuras 9, 10 y 11: Sobre la ordenada se realizó una Normalización para poder representar los valores en una única escala adimensional.
Potencia perdida al origen (línea negra): Es la diferencia entre el valor de potencia pico original del panel,4 de septiembre de 2008, respecto al valor de potencia pico medida en cada período de ensayo.
Lluvia Promedio por día: Representa la lluvia en mm/día como un valor de referencia a la cantidad media de agua caída por período de tiempo
Intensidad de lluvia: Representa la velocidad de ráfaga de lluvia en mm/h-día, es un indicador de la intensidad de la lluvia caída promedio por período de tiempo
Estación: la línea naranja, se refiere a las cuatro estaciones del año; nos permite analizar los comportamientos según este bloqué de períodos para los eventos climáticos particulares que en ellos suceden. Donde "0" indica invierno; "0,25"Otoño; "0,75"Primavera; "1"Verano.

5.- CONCLUSION

Se observa una tendencia a la baja en el FF en todos los paneles y un aumento en las perdidas. Hasta la fecha en que se tomaron muestras simultáneas de los SS y la medición de la curva IV la tendencia de perdidas fue notable. A partir del año 2012 la curva I-V y hasta la fecha permaneció similar a la última registrada en cada año siguiente con lo cual hace suponer que los paneles llegaron a su punto de máxima deposición de sólidos, el efecto de la lluvia y los vientos fueron generando la limpieza de los mismos y manteniendo las condiciones de FF y MP.
La variación de la eficiencia de los paneles es del orden del 3% al 16%. El panel Si-Policristal tiene las mayores pérdidas de eficiencia en los primeros meses, respecto a los otros dos; sin embargo, en los posteriores meses, se observa que dicha disminución de eficiencia tiende a permanecer constante, mientras que en los restantes meses se observa que la disminución de eficiencia se va haciendo más notoria. Lo que nos permite inferir que a largo plazo el panel de Si-Policristal va a tener mejor rendimiento que los otros dos tipos de paneles.
Se trató de buscar un patrón que pudiera relacionar de forma directa los sólidos sedimentables en (g/m^2/30días) con la disminución de potencia y FF. Pero resulto complejo dado los varios factores que influyen en el rendimiento del panel. Se puede asegurar que los sólidos afectan a los paneles y permanecen adheridos a ellos si no se los limpian, en consecuencia se continuará con la

experiencia esperando que una prolongación en el tiempo, de la misma, nos permita obtener la correlación entre los SS el FF o la PM y ser validada la hipótesis cuantitativamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDERSON, A. J. Photovoltaic Translation Equations: A New Approach Sunset Technology Highlands Ranch, Colorado. 1996. National Renewable Energy Laboratory NREIJTP-411-20279.

DE SOTO, W.; KLEIN; S.A.; BECKMAN, W.A. Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance. Solar Energy Vol. 80; 78-88, 2006.

FERNÁNDEZ RODRIGUES, P. M. Sistema de geração e aquisição das características I-V de módulos fotovoltaicos, Proyecto de Maestría Engenharia Electrotécnica. 2009. Instituto Politécnico de Braganca.

FLORENTINO, F.; SERAPHIM; O.J. Analise da Eficiencia e Modulos Fotovoltaicos Instalados em Condiciones Nomais de Operacion. Energ. Agric. Botucatu vol20 n3 .p89-112, 2005.

FUENTES,M.; NOFUENTES,G.; AGUILERA, J.; TALAVERA, D.L.; CASTRO, M. Application and validation of algebraic methods to predict the behaviour of crystalline silicon PV modules in Mediterranean climates, Solar Energy Vol. 81 1396–1408, 2007.

HAOUARI-MERBAH, M; BELHAMEL M.; TOBIAS, I.; RUIZ, J.M. Extraction and analysis of solar cell parameters from the illuminated current–voltage curve. Solar Energy Materials & Solar Cells Vol.87 225–233, 2005.

JAIN, A.; KAPOO, A. Exact analytical solutions of the parameters of real solar cells using Lambert W-function. Solar Energy Materials & Solar Cells. Vol 81 269–277, 2004.

MOHAMMAD S., EL-SHOBOKSHY, FAHMY M. HUSSEIN. Effect of dust with different physical properties on the performance of photovoltaic cells. Solar Energy. Vol. 51, Issue 6 Elsevier. Pag. 505-511,1993.

MONTERO, M.T.; BÁRCENA, H. F.; FARFÁN, F. R.; CADENA, C. AEvaluación de la Resistencia Serie y Paralelo y su Influencia en la Pérdida de Potencia en un Módulo con 12 años de Exposición. Revista Avances en energías renovables y medio ambiente vol. 11, 2007.

MONTERO, M. T.; CADENA, C.; FARFÁN, F. R. Caracterización de la degradación de los parámetros de Módulos Fotovoltaicos cristalinos expuestos. Revista Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 22, pp69-76. ISSN 0328-932X, 2008.

Norma ASTM- D1739-98 AD.2004-(Standard Method for Collection and analysis of dustfall settleable particulates).

Norma IRAM 29299: 2007 Calidad ambiental - Calidad del aire - Método para la recolección y determinación de material particulado (Material particulado sedimentable).

SAID, S.A.M. Effects of dust accumulation on performances of thermal and photovoltaic flat-plate collectors. Solar Energy. Vol. 37, Issue1, Pag.73-84,1990.

VERA,L.H.; GASPARIN, F.P.;KRENZINGER, A. Resultados Simulados e Medidos em um Sistema Fotovoltaico Autônomo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12, 2008.

VERA, L.H.; WILHELM MASSEN PRIEB, C., KRENZINGER, A. Comparação do Desempenho de Módulos Fotovoltaicos Após Seis Anos de Operação. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10. ISSN 0329-5184, 2006.

118. MERCADO FOTOVOLTAICO BRASILEIRO: O MODELO DE NEGÓCIO NACIONAL

SALERNO JUNIOR, E.[1](salerno.junior@hotmail.com);* INNOCENTINI, M.D.M. [2] *(*muriloinnocentini@yahoo.com.br*)*
[1]Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Brasil
[2]Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O desenvolvimento da tecnologia de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica tem sido constante, seja relacionado às características físicas como dimensões de espessuras cada vez menores, modificações de desenho das bordas, assim como na questão da eficiência energética das placas, quando os laboratórios buscam atualmente o aumento da porcentagem de produção de energia elétrica de cada peça (a meta atualmente é a de alcançar os 25% de eficiência energética). Por ainda ser uma tecnologia em pleno desenvolvimento em laboratórios estrangeiros e produzida principalmente na China, Espanha, Japão e Estados Unidos, seu custo final é muito elevado para o mercado brasileiro. É certo que já existem indústrias nacionais operando em Minas Gerais e São Paulo, mas que utilizam tecnologia e know-how principalmente chineses e canadenses, e algumas indústrias chinesas já estão instalando suas primeiras unidades em Campinas-SP, mas utilizam matéria-prima manufaturada fora do país (o Brasil produz silício, mas não o manufatura), fatores que determinam que o valor final dos painéis fotovoltaicos pode ainda demorar alguns anos para ser mais acessível no país. Este breve cenário é o objetivo de estudo deste trabalho, que visa gerar um panorama de como o mercado de venda e instalação de sistemas de geração de energia fotovoltaica (*on-grid* e *off-grid*) no Brasil, vem se adaptando à realidade econômica do país nos últimos anos, ao poder aquisitivo do brasileiro, às formas de financiamento bancário para este setor, à flexibilização da legislação e aos preços praticados pelas indústrias de painéis e setor de importação nacional. Por meio de análise empírica dos programas de treinamento das empresas do setor de diferentes regiões e seus conteúdos de divulgação de vendas de produtos, foi possível entender seus modelos de negócio, treinamentos técnicos e como estes personagens estão forjando as práticas de mercado em grande parte do território brasileiro.
Palavras-chave: Fotovoltaico, mercado, energia renovável, modelo de negócio, treinamento.

BRAZILIAN PHOTOVOLTAIC MARKET: THE NATIONAL BUSINESS MODEL

ABSTRACT
The development of technology of photovoltaic panels for electricity generation has been steady, being related to the physical characteristics such as the size of ever smaller panels thicknesses, design modifications of borders, as well as on the energy efficiency when the laboratories are currently seeking the increase of the percentage of the electricity production of each piece (the goal is to reach 25% of energy efficiency). Because it is a rapidly developing technology in foreign laboratories and be mainly produced in China, Spain, Japan and the United States, its final cost is very high for the Brazilian market. It is true that there are already domestic industries operating in Minas Gerais and São Paulo, but using Chinese and Canadian technology and especially know-how, and some Chinese industries are already installing its first units in Campinas-SP, but using raw material manufactured outside the country (Brazil produces silicon, but doesn't manufacture it),

factors that determine the final value of the PV panels can still take a few years to be more affordable in the country. This brief scene is the object of study of this work, which aims to generate an overview of how the selling and installation of photovoltaic power generation systems (on-grid and off-grid) market in Brazil, has been adapted to economic reality of the country in recent years, the purchasing power of the Brazilian people, the forms of bank financing for this sector, the flexibility of the legislation and the prices charged by industry panels and national import sector, generating business models, technical training and forging market practices throughout the Brazilian territory.
Keywords: Photovoltaic; renewable energy; business model; training.

1. INTRODUÇÃO

O mundo vivencia um momento em que o uso de materiais fósseis para a geração de energia elétrica é predominante em todo o planeta, porém estudos já indicam que esta fonte de energia se tornará escassa em algumas décadas.

Atualmente já existem países como Itália, Alemanha e Uruguai, que fazem uso de grandes parques de captação de energia eólica espalhados em seu território. De acordo com a reportagem publicada no site de notícias especificas bioclimáticas "*Inhabitat*", Distasio (2015) cita o exemplo do Uruguai que divulgou recentemente grandes ganhos relacionados a infra-estrutura de energia limpa que tem oferecido uma economia significativa nos custos de captação e fornecimento de energia elétrica. Distasio (2015) explica que em menos de 10 anos o Uruguai pretende ter uma matriz energética baseada em 95% do seu total em fontes renováveis.

Paralelo à questão das matrizes energéticas de países europeus e no caso citado do Uruguai, Beach (2015) ressalta a importância da produção de elementos de captação de energia com dimensões reduzidas e produzidas a um baixo custo, com o objetivo de terem uma maior permeabilidade social. Narra por exemplo a produção de células fotovoltaicas impressas em baixa espessura, que requerem para sua produção apenas uma impressora industrial, fator que apresenta um baixo custo de execução e possuem alto índice de captação de energia.

No Brasil, as leis que versam sobre captação de energia limpa ainda não são muito eficazes no sentido de estimular o seu uso. Não existem incentivos fiscais e os valores para o uso destas tecnologias ainda é alto para a população brasileira e poucos são os exemplos de projetos arquitetônicos ou de urbanismo que apresentam desde sua concepção criativa o uso de elementos de captação de energia através de fontes renováveis no Brasil.

O uso destas tecnologias por arquitetos é tímido, empresas que vendem os painéis e executam sua instalação não projetam em conjunto com profissionais da área de arquitetura e urbanismo envolvidos em um projeto especifico. Os clientes quando apresentados às tecnologias fotovoltaicas se manifestam de forma amplamente positiva, porém são desestimulados ao tomarem conhecimento do custo da implantação do sistema, ainda inviável para a maior parcela da população.

Percebe-se ainda que existe uma grande dificuldade pela indústria em produzir equipamentos que se adaptem ou que sejam adaptáveis às necessidades e demandas da construção civil, no âmbito das dimensões, cores e texturas. Neste sentido, a pesquisa aqui apresentada buscou compreender os fatores influenciadores em questões de como fazer uso destas tecnologias de forma mais ampla em edificações de maneira a garantir uma eficiência energética alta e ao mesmo tempo com um desenho que possa ser adaptável às necessidades de projeto e que seja atrativo visualmente e a um custo acessível, que estimule seu uso por grande parcela da população.

A pesquisa procurou traçar um panorama sobre a realidade fotovoltaica brasileira através da leitura de bibliografia específica sobre arquitetura bioclimática e tecnologia para captação de energia em edificações, conceitos, dados técnicos, metodologias propostas de medições e de projeto e demais

informações para o embasamento teórico e para compreender como a tecnologia empregada em cada projeto funciona e quais são os critérios que determinaram seu uso.
Realizou-se um levantamento sobre onde empresas e indústrias de painéis fotovoltaicos se concentram no Brasil, no mundo e na região de Ribeirão Preto–SP e foram analisados os equipamentos produzidos, suas características físicas e de eficiência energética, através da leitura dos manuais técnicos de seis indústrias produtoras de painéis monocristalinos e policristalinos.
Por meio de análise empírica dos programas de treinamento das empresas do setor de diferentes regiões e seus conteúdos de divulgação de vendas de produtos, foi possível entender seus modelos de negócio e treinamentos técnicos, em conjunto com o levantamento de toda a legislação existente sobre o assunto no país até o momento. Desta forma, pôde-se avaliar como todos estes personagens estão forjando as práticas de mercado em grande parte do território brasileiro.

2. RELAÇÃO TEÓRICA ENTRE ARQUITETURA E A TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Uma nova tecnologia de captação de energia elétrica deve, antes mesmo de sua instalação, ser compreendida pela população que vai usá-la. Compreender seu uso, seus benefícios e seus impactos futuros tanto no meio ambiente quanto nas vidas das pessoas é parte fundamental em um processo de instalação de equipamentos que terão o papel de captação de energia elétrica renovável em uma construção, conforme defende Scudo (2013). Este autor cita exemplos de projetos já implantados que tiveram, em seu planejamento, fases de diálogo com a população onde uma nova forma de captação de energia seria implantada, pois sabia-se que esta causaria impactos visuais, econômicos, espaciais e estéticos.
Paralelo a esse dialogo social, Roaf (2013) lembra da necessidade de se criar leis que favoreçam o uso de energia renovável e que despertem o interesse tanto da sociedade quanto da indústria, para que haja um desenvolvimento de uma tecnologia que atenda às necessidades locais de suprimento de energia elétrica a um valor de aquisição e instalação viáveis. Visto que as tecnologias existentes atualmente apresentam um custo elevado para aquisição e instalação, afugentando assim profissionais e usuários.
De Macedo (2014) complementa o pensamento de contextualização social para a implementação de tecnologias de captação de energia em determinada comunidade, lembrando que o desenho e estética dos equipamentos de captação de energia renovável como painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas, historicamente, oferecem limitações estéticas que servem de barreira para seus usos em projetos realizados por profissionais da área da Arquitetura e Engenharia, fato que dificulta a criação de um pensamento “verde” no cliente, visto que o profissional contratado não oferece o produto como uma solução interessante sob o ponto de vista arquitetônico.
Fretin (2013) reforça o ponto de vista histórico, lembrando que desde os primórdios da humanidade o uso de energias renováveis, como a solar, já era parte do cotidiano das pessoas, sendo adotadas em tempos de escassez de fontes não renováveis. Fato curioso que remete à realidade atual planetária, que indica a escassez de fontes fósseis, como o petróleo, por exemplo, justificando economicamente o uso de fontes renováveis.
Defende que toda construção no planeta é solar, pois recebe radiação direta ou indireta em todas as estações do ano, tornando-se capaz de ser produtora de energia elétrica.
O lar como ideia de interface ao universo digital e suas interações, na relação entre casas e multimídias traz, segundo Duarte (1999), a reconfiguração das edificações, onde várias tecnologias agem juntas tornando possível um novo resultado espacial.
A relação entre as pessoas que ocuparão o lugar em que a construção se insere e a própria edificação a ser construída garantem uma análise local/regional sobre o contexto climático,

socioeconômico e cultural, que devem fornecer dados concretos importantes ao projeto que deverá, neste sentido, transformar o chamado “abrigo” em um elemento sustentável energeticamente (ROAF, 2013).

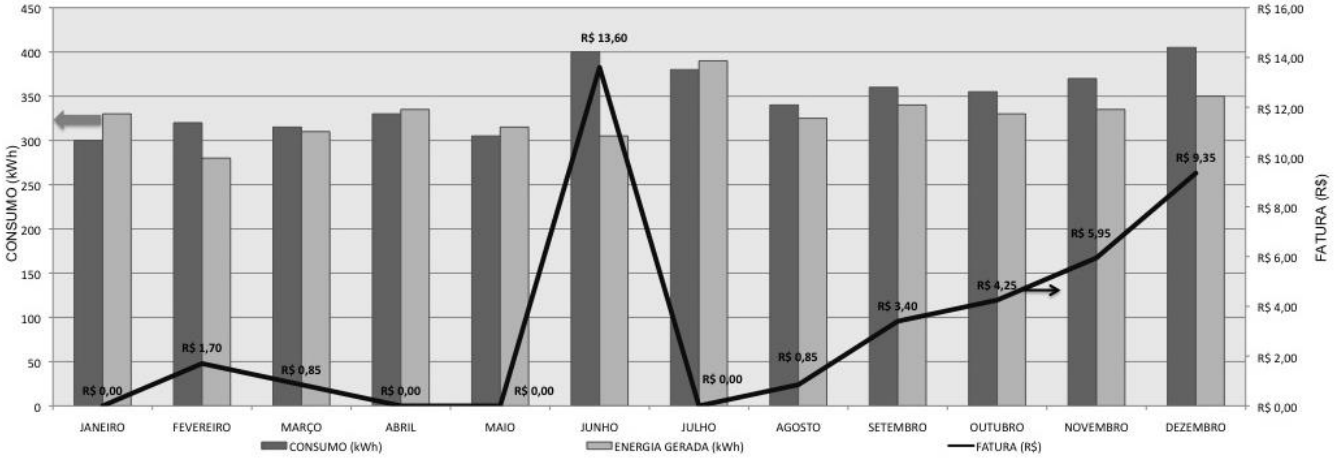
3. O BRASIL FOTOVOLTAICO

De acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2015), as regiões Nordeste e Centro-Oeste do Brasil são as que mais recebem a incidência solar no território brasileiro, podendo variar de 18 MJ/(m^2.dia) a 22 MJ/(m^2.dia). Indica que na região do Brasil com maior incidência solar, esta atinge 6 kWh/(m^2.dia) (Nordeste), e atinge um índice mediano na região onde se localiza o Estado de São Paulo, com 5,3 kWh/(m^2.dia) e no sul do país, a incidência pode chegar a 4,5 kWh/(m^2.dia). Estes dados, se comparados com os da Europa, onde os melhores índices podem chegar a 3,5 kWh/(m^2.dia), fazem do Brasil um local propício para o uso de tecnologia fotovoltaica e mostra seu grande potencial gerador de eletricidade.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que é um dos órgãos reguladores e legisladores, responsável pela elaboração de leis e de fiscalização do setor, tem nos últimos anos, criado leis que regulamentam o uso da energia fotovoltaica em usos residenciais ou comerciais, transformando as residências e estabelecimentos comerciais em mini ou microgeradores de energia elétrica, conectados à rede nacional. Este processo tem início através da Lei 10.438/2002 que cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFRA, dando abertura e possibilidade de expansão ao mercado fotovoltaico e eólico no Brasil.

Em 2009, A Resolução Normativa (RN) 390 estabeleceu os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração de outras fontes alternativas de energia e a RN 391/2009 delibera sobre a exploração e alteração da capacidade instalada de usinas eólicas e determina os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida, formalizando as práticas de geração de energia através de fontes renováveis. Mas foi em 2012 que houve um grande avanço legislativo no país, quando a Resolução Normativa 482/2012 trouxe em seu texto o Sistema de Compensação de Energia Elétrica - sistema que permite que a energia excedente gerada por uma unidade geradora seja injetada na rede da distribuidora e posteriormente compensada com o consumo de energia da mesma, como pode ser visto no exemplo da Figura 1.

Figura 1. Exemplo de Tarifação Consumo/Geração de Energia de acordo com a RN 482/2010



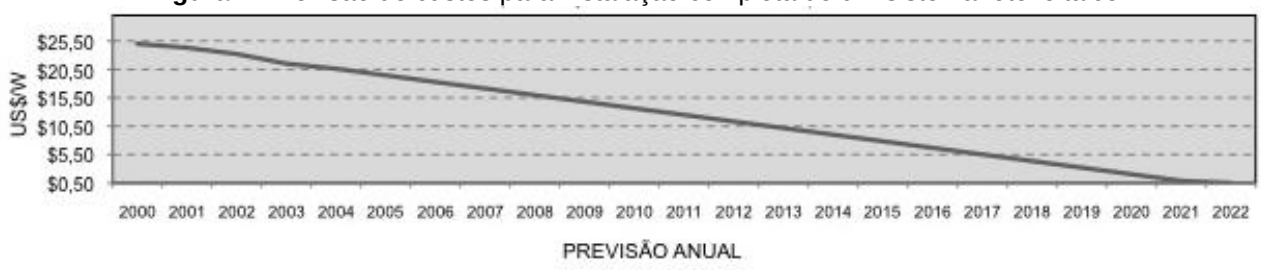
Fontes: Caderno Temático Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica (ANEEL, 2014); Companhia Paulista e Força e Luz (CPFL, 2016).

Foi criado um cenário para a pesquisa com o objetivo de entender o processo de tarifação estabelecido pela RN 482/2010, onde a unidade consumidora está localizada na cidade de Ribeirão Preto-SP e tem um consumo médio de 348 kWh ao mês, com equipamentos de microgeração solar fotovoltaica com potência de 2 kW (pico), instalados. A tarifa utilizada no cálculo de consumo foi de R$0,17/kWh da CPFL Energia, não sendo considerados tributos municipais, estaduais ou federais. Pode-se observar na Figura 1 que no mês de janeiro o consumo é menor do que a energia gerada e injetada na rede, o que cria um crédito que é utilizado no mês seguinte. Em fevereiro, o consumo é maior do que a energia gerada, portanto, o crédito do mês anterior é utilizado e a tarifa a ser paga pelo consumidor é de apenas R$1,70. Nota-se nos meses seguintes (março, abril e maio) a aplicação da lei de compensação imposta pela RN 482/2010 e é perceptível o abatimento dos custos com energia elétrica.

De acordo com Galdino (2012), sobre os custos históricos para a instalação de equipamentos de geração de energia fotovoltaica no país, a estimativa é de queda nos preços dos equipamentos até o ano de 2022, partindo de US$25,50 por Watt instalado no ano de 2000, até o patamar de US$0,50 por Watt instalado, conforme Figura 2. Portanto, mesmo que a relação entre crédito/compensação e energia gerada e consumida seja a única opção que a legislação oferece, lembrando que não há isenção fiscal em todo o processo, pode-se avaliar que existe uma vantagem financeira sob o ponto de vista de tarifação de energia elétrica, principalmente em estabelecimentos comerciais, em uma estimativa a longo prazo, em comparação ao valor de investimento em equipamentos.

Estes dados permitem uma reflexão importante – mostram que o momento é propício para cobrança de altos valores em treinamentos, cursos preparatórios e vendas de equipamentos, tendo em vista os altos valores de venda/instalação de equipamentos ainda praticados atualmente e a massificação estimada do setor fotovoltaico em alguns anos no Brasil.

Figura 2. Previsão de custos para instalação completa de um sistema fotovoltaico



Fonte: Gráfico adaptado de GALDINO, M. A., **Análise de Custos Históricos de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil**. In: IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES, 2012, São Paulo. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/IV-CBENS/Artigo_custos_historicos_IVCBENS.pdf. Acesso em 15 dez. 2016.

4. A INDÚSTRIA E A TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Através de uma análise das seis principais indústrias fornecedoras de equipamentos fotovoltaicos no Brasil (CanadianSolar – Canadá; Kyocera – Japão; Yingli Solar e Luxen – China; Minasol e Globo Brasil – Brasil), foi realizado um levantamento dos painéis oferecidos no mercado e suas principais características. Este estudo levantou informações de 73 painéis solares, predominantemente chineses, e mostrou que todas as industrias trabalham com painéis monocristalinos ou policristalinos de até 72 células, com eficiência energética que varia entre 15% e 17%. A variedade encontrada é em relação às dimensões, eficiência energética e à potencia estimada, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Variedade de painéis quanto às dimensões, eficiência energética e potencia

EMPRESA	DIMENSÕES ENCONTRADAS	EFICIÊNCIAS ENCONTRADAS	POTÊNCIAS ENCONTRADAS
GLOBO BRASIL	1.640x990x35mm 1.956x992x40mm	15,39% - 16,50%	250Wp – 320W
KYOCERA	520x352x22mm 1.662x990x46mm	10%	5W – 260W
YINGLI	1310x990x40mm 1960X990X40mm	16,20% - 17,70%	190W – 310W
LUXEN SOLAR	1200x540x30mm 1950x992x40mm	NÃO INFORMADO	90W – 300W
CANADIAN	1650x992x40mm 1954x982x40mm	16,50% - 16,68%	270W – 320W
MINASOL	1.485x68,5x40mm	NÃO INFORMADO	150W

Fonte: Autores

Sabe-se que atualmente existem outros equipamentos que possibilitam outras formas de captação de energia fotovoltaica que possam ser mais atrativas do ponto de vista arquitetônico e estético, porém não se encontra outro tipo de tecnologia nestas indústrias, que estão focadas em aprimorar detalhes executivos como espessuras dos vidros protetores dos painéis e em aumentar a eficiência energética dos mesmos.

5. AS EMPRESAS BRASILEIRAS

Houve nos últimos anos uma proliferação de empresas que trabalham com a venda de equipamentos fotovoltaicos no Brasil (Figura 3). Concentram-se principalmente nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Bahia, Paraíba, Goiás e Espírito Santo. Na cidade de Ribeirão Preto-SP, onde a pesquisa foi realizada, existem 4 atuantes no mercado e estão presentes em vários canais de comunicação - impressos, redes sociais, vídeos, *websites*, conferencias nacionais e internacionais e também cursos técnicos em centros de educação ou universidades.

São, em sua maioria, gerenciadas por empresários que buscam novos mercados para atuação empresarial e/ou áreas para investimentos ou jovens empreendedores provenientes de incubadoras de empresas através de programas universitários que possuem conhecimento técnico. Estas empresas já possuem conhecimento nas áreas de financiamento, têm acesso aos fabricantes dos painéis fotovoltaicos (contatos com as fábricas, *know-how* de importação) e equipamentos complementares e já possuem equipe treinada para a instalação.

Figura 3. Empresas do setor fotovoltaico no Brasil no ano de 2016



Fonte: Portal America do Sol. Disponível em: <http://www.americadosol.org/fornecedores/>. Acesso em 09 dez. 2016.

Em análise de seus meios de comunicação, vê-se um interesse na ampliação de contatos para o aumento da cartela de clientes através da atração de microempresários interessados em trabalhar no setor fotovoltaico e que podem atuar em regiões diferentes, devendo estes fazer parte de alguns treinamentos que oferecem conhecimento técnico aprofundado, vendidos aos interessados por valores que variam de região para região. É importante salientar que o investimento nos cursos é pré-requisito para parcerias entre as empresas e o microempresário.

Após estes investimentos iniciais em cursos teóricos e uma atuação no mercado, o microempresário é “convidado” a fechar parcerias com as empresas, que passam a fornecer o *know-how* para efetuar vendas, condicionado a mais uma vez, a participar de cursos que tem custos que variam entre R$2000,00 a R$7000,00 - um alto valor de investimento para quem quer ingressar no ramo, ofertados pelas empresas duas vezes ao ano em média.
Pode-se verificar neste contexto, que as empresas do setor fotovoltaico atuam em duas vertentes, uma que é a venda dos equipamentos fotovoltaicos e a outra, com os treinamentos dados, o que diversifica suas fontes de renda. A procura pelos cursos é alta, uma vez que a tecnologia ainda não é de conhecimento de todos e os preços praticados pelas aulas podem ser considerados, de certa forma, muito altos.

6. CONCLUSÕES

Há uma clara expansão do mercado fotovoltaico no Brasil e um aumento na quantidade de empresas atuantes no setor, impulsionadas por instituições e estabelecimentos comerciais varejistas e atacadistas, onde o alto investimento fotovoltaico justifica-se pelo alto consumo de energia elétrica destes personagens, que passam a ter um retorno do investimento – *payback*, estimado em 5 anos ou menos, dependendo da bandeira tarifária vigente. Diferente da realidade residencial, onde o período de retorno de investimento pode ser de mais de 7 anos. Para diminuir os custos à médio prazo e reduzir o período de *payback*, o setor industrial fotovoltaico necessita mais investimentos em pesquisa para trazer ao consumidor final painéis com maior vida útil e com eficiência energética superior a 17% e o Brasil viabilizar leis que atraiam investidores estrangeiros para a produção em larga escala de painéis fotovoltaicos em território nacional.
As empresas do setor fotovoltaico continuam em um processo de aprimoramento técnico, aprofundando seus conhecimentos na instalação dos equipamentos e diversificando suas vendas através dos treinamentos oferecidos a microempresários, por valores significativos; práticas que poderão ser ainda consideradas atraentes enquanto os valores dos equipamentos são altos e as formas de financiamento burocráticas. Com a massificação desta tecnologia, a questão passará a ser como as empresas irão atuar no mercado a partir do momento em que os valores cobrados pelos equipamentos estarão mais baixos e os treinamentos não mais centralizados em poucas empresas e/ou regiões. Novas práticas de mercado surgirão, ou serviços específicos serão aprimorados, ou ainda, os empresários buscarão outro nicho de mercado a ser explorado, abrindo desta forma mais possibilidades de estudos futuros nas áreas de gestão, com pesquisas que podem acompanhar esta possível evolução mercadológica deste setor tão proeminente, em paralelo com estudos que possam identificar como a atuação de arquitetos e engenheiros civis pode contribuir para que haja a interação harmônica dos painéis fotovoltaicos, do conjunto arquitetônico em que estão inseridos, das características culturais, legais, políticas e sociais envolvidas, na busca de conforto ambiental, eficiência energética e financeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015**: Ano base 2014. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2015.

_____. **Mapa de Empresas do Setor Fotovoltaico**. Disponível em: < http://www.americadosol.org/fornecedores/>. Acesso em: 09 dez. 2016.

_____. **Micro e minigeração distribuída**: sistema de compensação de energia elétrica. Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília : ANEEL, 2014.

BARATTO, R**. Florianópolis terá ponto de ônibus equipado com painéis fotovoltaicos e cobertura verde.** 07 de dezembro de 2015. ArchDaily Brasil. Disponível em <http://www.archdaily.com.br/br/778303/florianopolis-tera-ponto-de-onibus-com-paineis-fotovoltaicos-e-cobertura-verde>.

BEACH, G. **Paper-thin Printed Solar Cells Could Provide Power for 1.3 Billion People.** Inhabitat. 17 de junho de 2015. Disponível em < http://inhabitat.com/paper-thin-printed-solar-cells-could-provide-power-for-1-3-billion/>.

BRASIL. **Lei n. 10.438**, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). Diário Oficial da União, Brasília. 26 abr. 2002.

BRASIL. **Resolução Normativa n.390 - ANEEL**, de 15 de dezembro de 2009. Estabelece os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração e alteração da capacidade instalada de usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida e dá outras providências. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2009.

BRASIL. **Resolução Normativa n.391 - ANEEL**, de 15 de dezembro de 2009. Estabelece os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração e alteração da capacidade instalada de usinas eólicas, os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida e dá outras providências.. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2009.

BRASIL. **Resolução Normativa n.482 - ANEEL**, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2009.

DE MACEDO, M.N. **Integração da Energia Solar Elétrica na Arquitetura**. Rio de Janeiro, Setembro de 2014. Disponível em <http://sustentarqui.com.br/construcao/integracao-da-energia-solar-eletrica-na-arquitetura/>. Acesso em 03 dez. 2015.

DISTÁSIO, C. **Uruguay Now Gets Almost 95 Percent of its Energy from Renewable Sources.** Inhabitat. 08 de dezembro de 2015. Disponivel em <http://inhabitat.com/uruguay-now-gets-almost-95-percent-of-its-energy-from-renewable-sources/>

DUARTE, Fábio. **Arquitetura e Tecnologias de Informação**: Da revolução industrial à revolução digital. São Paulo: Editora da UNICAMP, 1999.

FANTICELE, F. B. **Quando o Sol e o vento são premissas do projeto: proposta de condomínio residencial baseado nos conceitos bioclimáticos**. Projeto de Graduação. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2008.

FRETIN, D. **Arquitetura e Energia Solar**: Há algo de novo? Junho de 2013. Revista Labverde #06. Artigo número 02.

GALDINO, M. A., **Análise de Custos Históricos de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil**. In: IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES, 2012, São Paulo. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/IV-CBENS/Artigo_custos_historicos_IVCBENS.pdf. Acesso em 15 dez. 2016.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. **Arquitetura Sustentável**: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, pratica e ensino. Ambiente construído, Porto Alegre, v. 6, n. 4, 2006, p. 51-81.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS-REES, S. **Ecohouse**: A casa ambientalmente sustentável. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.

SCUDO, G. **Tecnologie Solari Integrate nell'Architettura**: Processi Strumenti Sistemi Componenti. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia, 2013.

SCUDO, G.; ROGORA, A. **Architettura Ambientale**: Progetti Tecniche Paesaggi. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia, 2013.

VILJOEN, A. **The Environmental Impact of Energy Efficient Dwellings**: Taking into account embodied energy and energy in use. Londres: European Directory os Sustainable and Energy Efficient Building, James & James Ltd. 1997.

266. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PERFIS DE MORADORES PERANTE AO USO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO RIO GRANDE DO SUL

SANTOS, Thiago Miranda dos[1](thiago.miranda.s@hotmail.com); FLOSS, Márcio Felipe[2] (marciofloss@upf.br); FERNANDES, Vera Maria Cartana[3](cartana@upf.br)*
[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[2]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[3]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Através do Plano Nacional de Energia 2030 e do Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas, as metas de redução de CO_2 (dióxido de carbono) e outros gases do efeito estufa, junto com o aumento das fontes alternativas de geração e conservação de energia, são contempladas. O Programa Minha Casa Minha Vida que financia habitações de interesse social é fundamental para que essas metas sejam cumpridas pois atingem uma grande população. Com a obrigatoriedade de uso de aquecimento solar de água (SAS) a partir do Programa Minha Casa Minha Vida 2 (PMCMV 2) essas metas podem ser atingidas rapidamente, mas a simples instalação num estado como Rio Grande do Sul que tem inverno bem definido é preocupante, pois não se tem conhecimento se a economia de energia realmente acontece em grande escala. Essa economia pode ser influenciada pelos moradores devido as suas condições sociais e educacionais, e por falta de manutenção do sistema. Por isso este trabalho busca descobrir os perfis de moradores utilizando um conjunto de condomínios horizontais em cidade do norte do estado do Rio Grande do Sul. Através da aplicação de questionário para os moradores busca-se caracterizar a população e suas possíveis influências. Com a análise de agrupamento (clusters) na população do local, consegue-se obter grupos homogêneos e seus costumes de consumo, os quais se diferem em número de moradores, idade e renda, mas caracterizam-se por baixa escolaridade e predominância de baixa renda, além do desconhecimento da necessidade de manutenção dos coletores. Assim, consegue-se diagnosticar a real importância e contribuição do sistema para o cumprimento das metas dos planos estratégicos, e para o desenvolvimento sustentável brasileiro no setor de habitações de interesse social.
Palavras-chave: análise de agrupamento, economia de energia, Programa Minha Casa Minha Vida 2.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE PROFILES OF THE DWELLERS BEFORE THE USE OF THE SOLAR HEATING SYSTEM IN ROOMS OF SOCIAL INTEREST IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT
Through the National Energy Plan 2030 and the National Plan for Climate Change, as targets for the reduction of CO2 and other greenhouse gases, together with increased sources of energy generation and conservation, are contemplated. The My Home My Life Program that finances housing of social interest is fundamental so that the goals are fulfilled for a large population. With an obligation to use solar water (SAS) from the My Home My Life Program 2 (PMCMV 2) Worrying, because one does not know that an energy saving really happens on a large scale. This economy can be influenced by

residents due to their social and educational conditions, and by lack of maintenance of the system. Therefore, this work seeks to discover the profiles of residents using a set of horizontal condominiums in the city of the northern state of Rio Grande do Sul. Through the application of a questionnaire to the residents, it seeks to characterize a population and its influences influences. With a grouping analysis in the local population, the product groups are homogeneous and their consumption habits, which differ in number of inhabitants, age and income, but are characterized by low schooling and low income predominance, besides Lack of knowledge of the need to maintain collectors. Thus, an analysis of the real importance and contribution of the system to the fulfillment of social goals.
Keywords: cluster analysis, energy saving, My Home My Life Program 2.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas se intensificaram e há necessidade de diminuição da poluição ambiental no que diz respeito a geração de energia, conforme o Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas (BRASIL, 2008b). Ao mesmo tempo, com o crescimento da população e do consumo de combustíveis fosseis nos últimos anos e forte tendência de continuar em expansão, como previsto no Plano Nacional de Energia 2030 e Plano Nacional de Energia 2050 (BRASIL, 2008a; EPE, 2016), a necessidade de energia limpa fica maior. O uso de energia elétrica é o que mais preocupa o país devido à grande demanda para alimentar o consumo, e sua geração, chegando ao limite através das hidrelétricas, que hoje são responsáveis por 70% da produção de energia (BRASIL, 2008 a; BRASIL, 2008 b; BOSCOLI e BARBOSA, 2011; EPE, 2014). Com a capacidade limitada de nossas hidrelétricas e o crescimento econômico não podendo parar, se faz necessária a implementação de uma política muito conhecida e pouco implantada, o chamado desenvolvimento sustentável. Com a racionalização do uso de energia elétrica, através de um controle do consumo planejado, pode-se encontrar o problema na fonte e propor soluções que não degradem ainda mais o meio ambiente.
Sabendo que o equipamento que mais consume energia elétrica nas residências brasileiras é o chuveiro elétrico (ARANTES, 2012), sendo responsável por cerca de 30% da conta mensal, e que 90% do território brasileiro está localizado na região considerada de alto potencial de energia solar, entre os trópicos e próximo à linha do Equador, torna o Brasil um país privilegiado de altos índices de aproveitamento de energia solar (PASSOS, 2011). A utilização dessa outra forma de aquecimento da água contribuiria muito para a economia de energia, principalmente nos horários de pico, aonde o consumo é maior. Esse mecanismo faria com que essa energia economizada fosse realocada para outros setores da economia, possibilitando crescimento e geração de empregos, utilizando realmente o conceito do desenvolvimento sustentável (Associação Brasileira de Refrigeração, 2014a).
Com políticas e programas habitacionais, que são relevantes para a eficiência no uso da energia solar térmica (CHANG et al., 2011; KALOGIROU, 2003), o Brasil tem a intenção de atingir uma grande massa da população e obter uma grande economia de energia através da obrigatoriedade dos sistemas de aquecimento solar de água (SAS) nos novos contratos do Programa Minha Casa Minha Vida 2, assim conseguindo atingir os seus objetivos estabelecidos nos planos estratégicos. Entretanto, essa medida pode estar sendo falha devido ao desconhecimento de como os moradores influenciam na economia de energia proposta pelo sistema, é o que este trabalho procura esclarecer.

2. OBJETIVO

Realizar uma análise sobre a influência dos perfis de moradores perante o uso do sistema de aquecimento solar de água em habitações de interesse social.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A execução desta pesquisa foi conduzida através da escolha do local de estudo que foram habitações de interesse social na cidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul construídos pelo Programa Minha Casa Minha Vida 2. No local de estudo foi feita uma caracterização da população local através de questionário e análise estatística para encontrar grupos e subgrupos homogêneos e determinar suas influências no uso do sistema de aquecimento solar de água.

A análise de agrupamento, também chamada de "AA" ou análise de *clusters*, tem como finalidade agregar objetos com base nas características que eles possuem, aonde cada objeto é muito semelhante aos outros no agrupamento a partir de um critério pré-determinado pelo pesquisador. Um conjunto de indivíduos ou objetos semelhantes, unidos baseados nessa técnica que usa medidas geométricas de distâncias para seus cálculos, define o agrupamento. Sendo assim, objetos que estão dentro de um grupo devem ser semelhantes entre eles e dissemelhantes aos objetos contidos dos outros grupos (GIGLIO et al., 2015).

Com a aplicação do questionário adaptado para adequar realidade do estudo, intitulado " Medição e Verificação de Desempenho Energético de SAS em HIS", que faz parte de trabalho apresentado por Giglio et al (2015), as questões levantadas foram respondidas. O questionário estruturado contém 39 perguntas fechadas foram norteadas em estudos de influência do usuário no consumo de energia; sobre hábitos de conservação de energia; em experiências com a inserção de coletores solares em habitação interesse social; e nas recomendações técnicas de sistemas de aquecimento solar para habitações de interesse social (POLINDER; AA, 2011; BARR, S.; GILD A.W.; FANTINELLI, 2006; GIGLIO et al, 2015).

Este questionário foi dividido em cinco partes:

1. Composição familiar: número de ocupantes, idade, grau de escolaridade e tempo de moradia;
2. Hábitos de consumo de água quente: a rotina de banho de cada membro da família. Ainda abrange o sistema de aquecimento que o proprietário possuía na antiga moradia assim com mudança de hábitos de banho na nova moradia;
3. Nível de satisfação e condições de operação e manutenção do sistema pela família: dificuldade de uso do sistema auxiliar de aquecimento e os problemas que já ocorreram e se já houve a manutenção de algum componente do sistema;
4. Hábitos de conservação de energia e água do banho, energia elétrica: compreender subjetivamente como os usuários de baixa renda lidam com esta questão;
5. Fatores socioeconômicos: renda familiar, consumo de energia elétrica e de água, se a família considera cara a conta de energia.

Para conseguir ter dados mais confiáveis sobre a população foi necessária uma delimitação de amostra por análise estatística. A metodologia empregada para cálculo da amostragem para entrevista foi a mesma de Ferreira (2009) apud Giglio et al (2015), na qual baseia-se na equação de população finita. Para formar os agrupamentos e calcular a distribuição normal padrão e demais procedimentos da análise de agrupamento foi necessário a ajuda de um software estatístico, que nesse estudo é o STATISTICA 7. Assim cumprindo todos procedimentos para definição dos subgrupos homogêneos, têm-se o resumo dos processos realizados pelo software na figura 1.

Figura 1 - Procedimento para definição de subgrupos homogêneos.



Fonte: Adaptado de Giglio et al., 2015.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma área mais afastada da cidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, no setor 8 onde contempla a maior parte de habitações de interesse social da cidade com grande expansão habitacional se encontra o Bairro Santa Marta / Vila Donária, que é onde está a localizado os condomínios horizontais de interesse social do estudo, conforme Figura 2.

O empreendimento de condomínios horizontais é constituído de 5 condomínios contendo 12 casas geminadas cada, 24 unidades habitacionais por condomínio, totalizando 120 unidades habitacionais, entregues no ano de 2013 para a população.

Seguindo os procedimentos estabelecidos, primeiramente o questionário passou pelo pré-teste com uma pessoa leiga, que nada tinha de comum com o local de estudo e com uma moradora e síndica de um dos condomínios que ajudou no desenvolvimento do trabalho. Os termos das questões tiveram entendimento em ambos os casos, e não houve necessidade de modificar as questões ou respostas.

Para a definição da amostra em que o questionário deverá ser aplicado usou-se a fórmula de população finita, considerando 90% de nível de confiança, com valor Z de 1,96, proporção amostral desconhecida de 0,5, e nível de precisão de 7%, e população total de 120 unidades habitacionais, o tamanho da amostra encontrado é de 64 unidades habitacionais para serem entrevistadas. Esses parâmetros foram adotados para que fosse possível fazer um número de entrevistas apenas pelo pesquisador e que não influencia-se nos grupos.

Um conjunto composto por 120 números entre um e 120 foram gerados aleatoriamente pelo software Excel através do uso da função ALEATORIOENTRE (1;120), aonde os 64 primeiros compuseram a amostra que foi analisada.

As entrevistas nos condomínios foram feitas em 5 oportunidades diferentes entre os meses de março, abril e maio de 2016. Após as entrevistas, a definição dos atributos para análise foi feita com baseada em seis fatores de influência que possam gerar economia de energia (Giglio et al., 2015), são eles: (a) composição e características familiares; (b) fatores sociais e econômicos; (c) histórico de consumo de energia; (d) hábitos de consumo relacionados ao banho; (e) nível de satisfação e operação do sistema e; (f) consumo de energia.

Figura 2 – Local de estudo.



Fonte: Autor, 2016.

Baseado nos fatores de influência, encontrou-se o seguinte contexto para a análise dessa amostra da população:

A. *Hábitos de consumo relacionados ao banho*: composto por seis atributos. O número de banhos no período da manhã (até às 10h), após as 10h, no período da tarde, no horário de pico (entre 18h e 21h), e número de banhos após as 21h, são os períodos do dia de maior demanda de água quente. Esses itens não estão considerando a duração do banho que os entrevistados declararam, pois, a variabilidade é muito grande e imprecisa. Porém, o período do dia em que tomam banho, mesmo sendo também uma informação declarada que contem imprecisão, demostra a preferência pelos horários concentrados na parte da tarde e no horário de pico entre 18h e 21h. Em relação a

mudança de hábitos de banho, a grande maioria dos entrevistados revela que não fizeram mudanças quando trocaram e moradia.

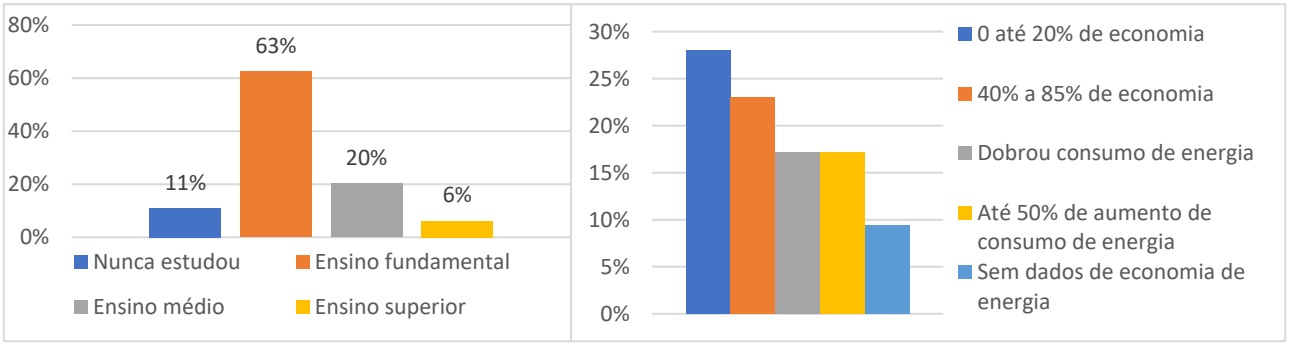
B. *Nível de satisfação e operação do sistema*: composto por três atributos. Um sobre o nível de satisfação geral do entrevistado com o sistema, alcançando 81% nessa pesquisa. O segundo e o terceiro falam expressamente se o entrevistado utiliza o sistema e se tem dificuldade de fazer a mistura da água respectivamente, o que é observado que o uso é amplamente feito e não existem reclamações sobre a mistura. Mesmo com um nível de satisfação elevado, o chuveiro elétrico é muito utilizado mesmo com o sistema de aquecimento solar, principalmente no inverno, segundo os entrevistados devido à queda da temperatura e dias nublados, o que propicia uma queda no rendimento dos equipamentos instalados. Com isso, existe uma diminuição da economia gerada de energia elétrica nessa época do ano. Outra possível causa de queda de economia é o desconhecimento de 78% das pessoas sobre a necessidade de limpeza da placa coletora, e a não manutenção adequada do equipamento que isso causa.

C. *Composição e características familiares*: contem seis atributos. Dentro da pesquisa, a população envolvida compreende um grande número de crianças que corresponde a 32%. Essas crianças na sua grande maioria influenciam na frequência dos banhos ao longo do dia, conforme verificado durante as entrevistas. No entanto a temperatura e duração dos banhos é controlada pelo seu familiar responsável pela criança. Os idosos relatam uma dificuldade em usar o sistema por questões de assimilar a tecnologia e baixo nível de escolaridade.

D. *Fatores sociais e econômicos*: composto de quatro atributos. Com predominância de nível escolar de ensino fundamental completo, com 64% da população analisada, demostra ao nivelamento de conhecimento o que pode explicar a não existência de dificuldade no uso do sistema. Com destaque para o percentual de 6% de nível escolar de ensino superior, o que não é visto frequentemente no contexto de estudos semelhantes, conforme Giglio et al (2015). Isso corrobora para que a renda média da população seja de R$ 1.265,00 (hum mil duzentos e sessenta e cinco reais), cerca de 1 a 2 salários mínimos, dentro da faixa de cobertura do programa Minha Casa Minha Vida 2

E. *Histórico e consumo de energia*: São dois fatores que contemplam três atributos que permitem obter o consumo de energia na antiga moradia e outros dois que fornecem dados de consumo atual. Esses atributos tiveram a totalidade de entrevistas confirmando o pagamento de energia na antiga moradia e que possuíam chuveiro elétrico, tendo como valor pago médio de RS 83,41 (oitenta e três reais e quarenta e um centavos), porém com grande variabilidade, aonde famílias gastavam R$ 200,00 (duzentos reais) e outras R$ 30,00(trinta reais) e isso pode ser explicado devido a composição das famílias. Além disso, a população está dividida com relação à economia de energia, pois 51% da população tem algum tipo de economia (somando a população que consegue economizar até 20% e os que economizam de 40 até 85%), e a outra parte da população não conseguiu economizar e até aumentou seu consumo de energia em dobro, conforme figura 3.Isso pode ser explicado tanto pela variabilidade do consumo conforme a composição das famílias, como pela adoção pelo uso do sistema de aquecimento solar e descomprometi mento com a economia.

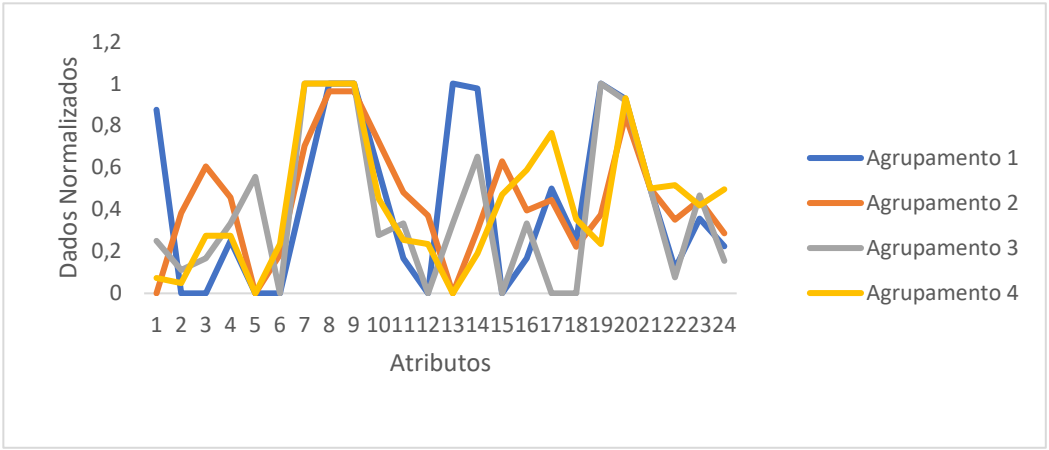
Figura 3 – Escolaridade e consumo/economia de energia da população analisada.



Fonte: Autor, 2016.

Através da estruturação de um diagrama de perfil para cada número de agrupamento analisado observou-se que com um número de K=4 os dados se organizaram em quatro grupos representativos com os dados. O diagrama de perfil com os quatro agrupamentos (clusters) obtidos neste estudo, representados como Agrupamento 1, 2, 3 e 4. Nesse diagrama estão contidos os 24 atributos que forma analisados e médias padronizadas para cada um dos 4 agrupamentos, respectivamente, conforme figura 4.

Figura 4- Diagrama perfil das 64 unidades habitacionais do estudo.



Fonte: Autor, 2016.

O agrupamento 1 é composto por famílias que demonstram preferencias por banhos antes das 10h e entre 18h e 21h no horário de pico. Caracterizadas pela presença de 3 a 4 pessoas e idosos proprietários das unidades, com crianças até 12 anos, sem presença de cônjuge.Com grau de escolaridade baixo, entre quem nunca estudos e ensino fundamental, com renda familiar de 1 a 2 salários mínimos, por isso considerando conta de energia cara. Na parte de economia de energia, esse agrupamento não se destaca, não conseguindo economizar tanta energia. O grupo contém 8 membros, sendo responsável pela representatividade de 12,5% da amostra.

O agrupamento 2 contém famílias que preferem banhos no período da tarde e entre 18h e 21h no horário de pico. Caracterizadas pela presença de 4 a 6 pessoas com crianças até 12 anos, com presença de cônjuge, e proprietário com média de idade de 30 anos. Com nível escolar baixo, com a maioria tendo ensino fundamental e renda familiar de 1 a 2 salários mínimos, considerando conta de energia cara. Na parte de economia de energia, esse agrupamento se destaca, conseguindo uma economia de energia satisfatória. O grupo é composto por 27 membros, o maior dos agrupamentos, representando 42,18 % da amostra.
O agrupamento 3 é caracterizado por famílias que preferem tomar banho no horário de pico entre 18h e 21h e após as 21h. Caracterizadas pela presença de 2 a 3 pessoas com crianças até 12 anos e pouco idosos, sem presença de cônjuge, e proprietário com média de idade de 49 anos. Com nível escolar baixo, com a maioria tendo ensino fundamental e renda familiar de 0 a 1 salários mínimos, considerando conta de energia muito cara. Na parte de economia de energia, esse agrupamento se destaca, conseguindo uma economia de energia satisfatória. O grupo contém 12 membros, representando 18,75 % da amostra.
E o agrupamento 4 é composto por famílias que preferem tomar banho no período da tarde e horário de pico, entre 18h e 21h. Caracterizadas pela presença de 2 a 3 pessoas com crianças até 12 anos e adolescentes entre 13 e 18 anos, com presença de cônjuge, e proprietário com média de idade de 31 anos. Com nível escolar médio para alto, com a maioria tendo ensino médio e alguns com ensino superior, a renda familiar aumenta para de 2 a 3 salários mínimos, não considerando conta de energia cara. Na parte de economia de energia, esse agrupamento se destaca, conseguindo uma economia de energia insatisfatória, consumindo muita energia e não poupando. O grupo contém 17 membros, representando 26,56% da amostra.

5. CONCLUSÃO

As etapas realizadas da pesquisa contribuíram para ampliar o conhecimento sobre o local de estudo bem como da população que mora no local que se tornou a população da pesquisa.
Os grupos encontrados estão de acordo com o contexto da pesquisa salientado que a escolha da técnica de agrupamento (clusters) foi bem-sucedida pois reuniu objetos com características semelhantes que permitem analisar a população inteira com poucas análises.
O nível de escolaridade representa forte ligação com o domínio do sistema, como observado por Giglio et al. (2015), entretanto nessa pesquisa verificou-se que mesmo tendo uma diferença de escolaridade de uma família para outra, isso não influenciou. Cabe ressaltar a baixa escolaridade e renda encontrada na maioria dos grupos, juntamente com o desconhecimento da necessidade de limpeza (manutenção) anual dos coletores, pode ter influência dos moradores na economia de energia.
Nesses perfis se encontram mais dúvidas de utilização e não preocupação com economia de energia, necessitando de mais pesquisa para confirmar, através de análises técnicas, por exemplo, que comprove através de números de consumo real de água e energia elétrica. Mesmo assim, o indício é forte de evidencia que existe sim interferência da população na economia que o sistema pode proporcionar, podendo isso causar diferença de economia e até desperdício de energia, pondo em risco um sistema que poderia estar ajudando o país em seus planos estratégicos de forma mais atuante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, B. Conforto térmico em habitações de interesse social: Um estudo de caso. 2012. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2012.

Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento – ABRAVA/ Dasol. Os Aquecedores Solares de Água no Minha Casa Minha Vida: *Benefícios econômicos, ambientais e sociais.* São Paulo, 2014a.

BARR, S.; GILG, A.W.; FORD, N. The household energy gap: examining the divide between habitual and purchase related conservation behaviours. Energy Policy, 33, 1425-1444, 2005.

BOSCOLI, M. A. B.; BARBOSA, M.J. Usuários de Habitação de Interesse Social e adoção de Sistemas de Aquecimento Solar de Água: estudo de caso em Londrina-PR. In: ELECS 2011, 2011, Vitória - ES. Anais do VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2011.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro: EPE, 2008 a.

BRASIL. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. Brasília, 2008 b.

CHANG, K; LIN, W; LEE, T; CHUNG, K; Subsidy programs on diffusion of solar water heaters: Taiwan's experience. Energy Policy, v.39, p. 563-567, 2011.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Plano Nacional de Energia 2050 **-** Cenário socioeconômico e demanda de energia. Rio de Janeiro, EPE,2016.

FERREIRA, D.F. Estatística Básica. Lavras: Editora UFLA, 2009. 2ª edição. 293p.FANTINELLI, J. Análise da Evolução de Ações na Difusão do Aquecimento Solar de Água para Habitações Populares: Estudo de Caso em Contagem, MG. Tese de doutoramento. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. 2006

FANTINELLI, J. Análise da Evolução de Ações na Difusão do Aquecimento Solar de Água para Habitações Populares: Estudo de Caso em Contagem, MG. Tese de doutoramento. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. 2006

GIGLIO, T; LAMBERTS, R.; BARBOSA, M. J.; URBANO, M. Influência do usuário na economia de energia obtida por meio do uso de sistema de aquecimento solar de água em habitações de interesse social.2014.Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

PASSOS, L. A. A. Cenários de impactos da energia solar para aquecimento de água doméstico no contexto de usuários de chuveiros elétricos no Brasil. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

POLINDER, H; AA, V.D. Total energy use in residential buildings – the role of occupant behavior. Project IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems - Annex 53. Cauberg-Huygen Consulting Engineers, Rotterdam, 2011.POLINDER, H; AA, V.D. Total energy use in residential buildings – the role of occupant behavior. Project IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems - Annex 53. Cauberg-Huygen Consulting Engineers, Rotterdam, 2011.

270. DIAGNÓSTICO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE CIDADES GAÚCHAS – ABORDAGEM DO PROJETO PRESUST-RS

SALVIA, Amanda Lange[1](amandasalvia@gmail.com); GUADAGNIN, Patrícia[1] (patriciaguadagnin@gmail.com); FRANDOLOSO, Marcos Antônio Leite[1] (frandoloso@upf.br); BRANDLI, Luciana Londero[1](brandli@upf.br)*
[1]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O aumento populacional e da urbanização das cidades implicam no maior consumo de recursos naturais, como a energia. Em uma sociedade onde crises energéticas se tornam cada vez mais comuns, estudos sobre o consumo de energia elétrica se fazem ainda mais importantes. Por isso, o eixo de Eficiência Energética do projeto Pré-requisitos para a Sustentabilidade do Rio Grande do Sul (PRESUST-RS), se propõe a diagnosticar cidades gaúchas quanto ao seu consumo de energia elétrica e propor medidas que venham a contribuir para o aumento de sua sustentabilidade. O objetivo deste trabalho é apresentar as etapas realizadas por este eixo do projeto, que incluem o diagnóstico, a pesquisa por melhores práticas e a seleção de práticas para as cidades. Os municípios em estudo são Passo Fundo, Porto Alegre e Santa Maria, que são as cidades-sede das universidades participantes do projeto. A metodologia consiste inicialmente na definição de indicadores para o diagnóstico da eficiência energética e a coleta de dados em fontes secundárias. Na sequência, fez-se uma pesquisa bibliográfica por melhores práticas, ou seja, casos de sucesso de aplicação de eficiência no Brasil e no mundo. Para seleção das práticas para possível implementação nas cidades, utilizaram-se os resultados de outro eixo do projeto PRESUST-RS, que estudou Educação para a Sustentabilidade e por meio de grupos focais fez contato com grupos de pessoas em cada município para que a comunidade pudesse escolher as práticas. Os resultados indicam que o consumo de energia elétrica vem aumentando nos últimos anos, e cada município tem um setor que se destaca no consumo, o que aponta preferências em termos de práticas a serem implementadas. Além disso, as práticas escolhidas pelos grupos focais abordam principalmente o uso de tecnologias como o LED e medidas de incentivo à implementação de práticas pela própria população, como o IPTU Verde.
Palavras-chave: Energia elétrica; Sustentabilidade; Consumo de Energia.

DIAGNOSIS OF ENERGY EFFICIENCY IN CITIES OF RIO GRANDE DO SUL - PRESUST-RS PROJECT APPROACH

ABSTRACT
The increase in population and the urbanization of cities result in greater consumption of natural resources, such as energy. In a society where energy crises become more and more common, studies of electricity consumption become even more important. For this reason, the Energy Efficiency area of the Prerequisites for Sustainability of Rio Grande do Sul (PRESUST-RS) project proposes to diagnose cities in Rio Grande do Sul as to their consumption of electricity and propose measures that can contribute to the increase of its sustainability. The objective of this paper is to present the steps taken by this project area, which include the diagnosis, the search for practices and the selection of the best practices for the cities. The municipalities under study are Passo Fundo, Porto Alegre and Santa Maria, which are the host cities of the participating universities of the project. The methodology initially consists of defining indicators for the diagnosis of energy efficiency and

the collection of data in secondary sources. Following this, a bibliographical research was done for best practices, that is, success cases of efficiency application in Brazil and in the world. For the selection of practices for possible implementation in the cities, the results of another work package of the PRESUST-RS project, which studied Sustainability Education, were used and through focus groups made contact with groups of people in each municipality so that the community could choose the practices. The results indicate that the consumption of electric energy has been increasing in recent years, and each municipality has a sector that stands out in consumption, which indicates preferences in terms of practices to be implemented. In addition, the practices chosen by the focus groups mainly address the use of renewable energies and measures to encourage the implementation of practices by the population itself, such as the Green Tax.
Keywords: Electricity; Sustainability; Energy consumption.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população urbana traz pressões para a infraestrutura e para o ambiente, principalmente no que diz respeito à demanda por recursos e energia. Assim, energia eficiente pode ser considerada uma prioridade na gestão das cidades, a fim de se buscar a sustentabilidade, onde os investimentos com eficiência energética tendem a ter um pequeno prazo de retorno, possibilitando a implementação de medidas que representem economia de energia (ANEEL, 2000).
O desenvolvimento sustentável e a preocupação com o meio ambiente têm se tornado tópicos cada vez mais constantes na sociedade atual. Atualmente, a maioria das pessoas vive nas cidades e a previsão para as próximas décadas é que a população urbana cresça uma proporção de 1,4 bilhões – de 3,5 bilhões em 2010 para 4,9 bilhões em 2030. Outro dado importante, é que esta projeção é justamente para cidades de médio porte em países em desenvolvimento (UNITED NATIONS, 2013). No Brasil, a população urbana chega a 85%, enquanto que no estado do Rio Grande do Sul este valor é ainda maior, atingindo níveis próximos a 90% (IBGE, 2010).
O conceito de eficiência energética vem sendo cada vez mais utilizado, evoluindo desde o final da década de 1960. Conforme Borges (2014), o uso mais eficiente de recursos naturais, dentre eles a energia, se apresenta como uma solução para a demanda crescente deste bem. Porém, a aplicação da eficiência energética possui uma série de desafios, e, por este motivo, é crescente o número de trabalhos que visam este estudo.
Neste contexto, surgem projetos que abordam o uso adequado dos recursos, investigando práticas que poderiam ser implementadas para contribuir para a sustentabilidade.

1.1 PRESUST- Pré requisitos para a sustentabilidade dos municípios do Rio Grande do Sul

O Projeto Pré-requisitos para a sustentabilidade dos municípios do Rio Grande do Sul - PRESUST-RS atua nesta temática, investigando e discutindo ações e práticas locais que venham a melhorar a qualidade de vida da população, inclusive com o intuito de difundir estas práticas e sensibilizar a comunidade gaúcha sobre a importância de sua participação (SALVIA et al., 2015; BRANDLI et al., 2016).
A Universidade de Passo Fundo, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Universidade Federal de Santa Maria e a *University of Applied Sciences* de Hamburgo são as quatro universidades participantes do projeto, que possui como objeto de estudos três cidades gaúchas: Passo Fundo, Porto Alegre e Santa Maria.
Este projeto possui diversos eixos temáticos para direcionar o estudo: Resíduos Sólidos, Planejamento Urbano, Energia (Matriz Energética e Eficiência Energética), Mobilidade Urbana e Educação para a Sustentabilidade. Os quatro primeiros são eixos que tiveram o objetivo de fazer o diagnóstico das cidades estudadas, utilizando para tanto um conjunto de indicadores coletados e

adaptados de diversas referências. Após o diagnóstico, os eixos também fizeram uma pesquisa por melhores práticas, ou seja, casos de sucesso de sustentabilidade aplicadas no Brasil e no mundo. Para poder indicar algumas destas práticas para os municípios, foi utilizado o desenvolvimento do eixo Educação para a Sustentabilidade. Este eixo fez a interação do projeto com a comunidade, e, por meio de grupos focais, apresentou para a população as práticas pesquisadas pelos eixos e pediu que os participantes votassem nas práticas que acreditavam ser as melhores para as suas cidades.
O foco deste trabalho é o sub-eixo de Eficiência Energética.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é abordar os diagnósticos da eficiência energética no consumo de eletricidade das cidades em estudo, a fim de investigar práticas que poderiam ser implementadas para contribuir para a sua sustentabilidade.

2. MÉTODO DE PESQUISA

O conjunto de indicadores utilizados para o diagnóstico da eficiência energética das cidades considerou as seguintes fontes de pesquisa: referencial do programa Cidades Sustentáveis (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2012); base de dados do Observatório da Cidade de Porto Alegre (OBSERVA POA, 2015); o projeto *Planning for Energy Efficient Cities* (PLEEC, 2013), que sugere indicadores para o monitoramento de cidades energeticamente eficientes; e a norma NBR 37120:2014, que trata sobre desenvolvimento sustentável de comunidades, apresentando indicadores de serviços municipais e qualidade de vida (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2014).
Este conjunto de indicadores é apresentado no Quadro 1, juntamente com os componentes da fração que geram o resultado (quando aplicável) e a unidade de medida.
As fontes utilizadas para coleta de dados secundários são a base *online* da Fundação de Economia e Estatística (FEE), o Censo Demográfico 2010 do IBGE, o portal de informações da ANEEL e o Balanço Energético do Rio Grande do Sul.
Após o diagnóstico, foi feita uma pesquisa por melhores práticas de sustentabilidade para serem aplicadas nas três cidades de estudo. Para a seleção das melhores práticas, usou-se o 5º eixo do PRESUST (Educação para a Sustentabilidade), que fez visitas técnicas em órgãos governamentais e não governamentais nas três cidades em estudo, a fim de formar parcerias e identificar os *stakeholders* locais. *Stakeholders* são considerados indivíduos com papel relevante na sociedade local e neste trabalho sua identificação se baseou na parceria com ONGs, esferas governamentais (secretarias, agencias de desenvolvimento, autarquias) e Associações de Moradores de Bairro (TIEPO, 2016). Conforme Tiepo (2016), houve a possibilidade de adesão de diferentes atores sociais, ampliando a extensão comunitária da universidade e incluindo pessoas com idade superior a 18 anos e que desempenham papel relevante no local onde residem ou trabalham, independente do grau de instrução (os grupos incluíram agentes comunitários de saúde, representantes de ONGs, servidores públicos, professores e demais interessados).
Com os stakeholders foram formados grupos focais para apresentação das práticas e coleta das mais indicadas como ideais pelos participantes.

Quadro 1. Indicadores de eficiência energética

INDICADORES	FRAÇÃO	COMPONENTES	UNIDADE
Consumo de energia elétrica total per capita	Numerador	Consumo de energia elétrica total no ano (kWh)	**KWh/ hab. ano**
	Denominador	População total do município	
Consumo total de energia elétrica	-	Quantidade total de energia elétrica consumida durante o ano de referência (em todos os setores)	**MWh**
Taxa percentual do aumento do consumo de energia elétrica total	Numerador	Diferença entre consumos de energia de dois anos consecutivos (MWh)	**%**
	Denominador	Consumo do primeiro ano (MWh)	
Consumo de energia elétrica por setor (residencial, industrial e comercial)	-	Quantidade de energia elétrica consumida por cada setor durante o ano de referência	**MWh**
Número total de consumidores	-	Quantidade total de consumidores atendidos pelas distribuidoras de energia em dezembro do ano de referência	**un.**
Taxa percentual do aumento do número total de consumidores	Numerador	Diferença entre número de consumidores de dois anos consecutivos (MWh)	**%**
	Denominador	Número de consumidores do primeiro ano	
Número de consumidores por setor (residencial, industrial e comercial)	-	Quantidade total de consumidores atendidos pelas distribuidoras de energia em dezembro do ano de referência	**un.**
Consumo de energia por unidade consumidora setorial (residencial, industrial e comercial)	Numerador	Consumo de energia (kWh) anual por setor	**kWh/ unidade consumidora**
	Denominador	Número de unidades consumidoras em dezembro do ano de referência	
Percentual de domicílios com energia elétrica da companhia distribuidora	Numerador	Quantidade de domicílios com energia elétrica da companhia distribuidora	**%**
	Denominador	Total de domicílios	
Percentual de domicílios atendidos por iluminação pública	Numerador	Quantidade de domicílios atendidos por iluminação pública	**%**
	Denominador	Total de domicílios	
Valor da tarifa residencial de energia elétrica	-	Valor cobrado pelas distribuidoras de energia de cada município	**R$/kWh**
Percentual de oferta interna de energia elétrica produzida por fontes renováveis	Numerador	Consumo de energia elétrica oriunda de fontes renováveis	**%**
	Denominador	Consumo total de energia elétrica	

Fonte: Elaborado pela autora.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 2 apresenta os resultados do diagnóstico realizado. O consumo de energia elétrica total é maior na cidade de Porto Alegre, seguido de Santa Maria e Passo Fundo, resultado este que está totalmente relacionado ao número total de consumidores em cada município.

Quadro 2. Resultados dos indicadores

INDICADOR		Unidade	Passo Fundo	Porto Alegre	Santa Maria
Consumo de energia elétrica total *per capita*		kWh/hab./ano	2.422	2.533	1.941
Consumo total de energia elétrica		MWh	454.063	3.590.739	511.795
Taxa percentual do aumento do consumo de energia elétrica total (2007/2012)		%	24	24,3	12,5
Consumo de energia elétrica por setor	Residencial	MWh	140.437	1.248.579	254.337
	Industrial		115.898	361.124	49.648
	Comercial		111.922	1.590.952	128.769
Número total de consumidores		un.	77.866	570.665	108.963
Taxa percentual do aumento do número total de consumidores (2007/2012)		%	18,2	13,4	7,9
Número de consumidores por setor	Residencial	un.	69.004	488.362	98.419
	Industrial		529	4.261	442
	Comercial		7.722	76.233	6.900
Consumo de energia por unidade consumidora setorial	Residencial	kWh/unidade consumidora	2.035	2.557	2.584
	Industrial		219.089	84.751	112.326
	Comercial		14.494	20.870	18.662
Percentual de domicílios com energia elétrica da companhia distribuidora*		%	99,6	99,3	99
Percentual de domicílios com iluminação pública*		%	97	94	96
Tarifa de eletricidade residencial		R$/kWh	0,42	0,34	0,32
Percentual do consumo de energia elétrica produzida a partir de fontes renováveis		%	77,5	77,5	77,5

* Indicadores com dados de 2010; os demais com dados de 2012.

Passo Fundo possui um valor de consumo de energia elétrica *per capita* muito similar ao valor da cidade de Porto Alegre, enquanto Santa Maria possui valor inferior. De acordo com dados do Anuário Estatístico de Energia elétrica (EPE, 2014), o consumo médio per capita no Rio Grande do Sul para o ano de 2012 foi de cerca de 2.500 kWh/hab., mostrando que Porto Alegre e Passo Fundo estão próximos deste padrão estadual, enquanto Santa Maria encontra-se bem abaixo.

A cidade de Santa Maria se destaca positivamente por ter a menor taxa de aumento do consumo de eletricidade nos últimos anos, em comparação com os outros municípios. Verifica-se novamente maior similaridade entre a capital do Estado e Passo Fundo. Em número de consumidores, Santa Maria também possuir a menor taxa de aumento, seguida por Porto Alegre e Passo Fundo.

A avaliação dos indicadores para Passo Fundo mostra que os três setores (residencial, comercial e industrial) consomem aproximadamente a mesma quantidade de energia. No entanto, quando se avalia o consumo de eletricidade por unidade de consumo, pode ser visto que existe uma elevada demanda por parte das indústrias. Outro destaque desta área para a cidade de Passo Fundo é o alto custo da tarifa de eletricidade residencial, que acaba afetando a sustentabilidade social da região.
Já em Santa Maria, verifica-se pelo consumo por setor que a indústria não é tão forte, sendo mais significativo o consumo residencial; porém, também é das indústrias o maior consumo por unidade, o que representa que este setor pode ser o prioritário no momento de receber medidas de eficiência, já que uma pequena ação pode representar grande economia.

E por fim, em Porto Alegre, o setor que se destaca em consumo é o comercial, que também é o que apresenta maior consumo por unidade consumidora dos três municípios.

Quanto aos indicadores de percentual de domicílios atendidos por energia elétrica, verifica-se que quase que a totalidade dos domicílios são atendidos nas três cidades analisadas, mas ainda assim o ideal é a busca pelo valor de 100% em todas elas.
O percentual do consumo de energia elétrica produzida a partir de fontes renováveis é igual em ambas as cidades, com percentual igual a 77,5%, sendo este valor adaptado do Balanço Energético do Rio Grande do Sul (por ser inviável calcular um percentual para cada município, pela conexão das redes de energia).
A pesquisa por melhores práticas em diferentes referências bibliográficas (AMPLA, 2015; CICLOVIVO, 2014; EXAME, 2015; PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2015; SALVADOR, 2016; SOLAR ROAD, 2015;) resultou na seleção de 6 principais práticas, sendo elas:

1. **Estradas capazes de gerar energia solar:** a ideia é substituir o asfalto por blocos de placas solares resistentes que conseguem captar a luz do sol.

2. **IPTU verde como incentivo à eficiência energética:** prefeituras concedem até 10% de desconto no Imposto Predial e Territorial Urbano para imóveis residenciais e não residenciais que adotem medidas de sustentabilidade, proteção, preservação e recuperação do meio ambiente.

3. **Implantação de iluminação mais eficiente:** prefeituras investem na tecnologia de iluminação LED na iluminação pública.

4. **Utilização de estacionamentos solares:** estacionamentos cuja cobertura é feita com placas solares. A energia gerada é capaz de suprir toda a demanda do próprio estacionamento e dos empreendimentos do entorno.

5. **Energia oriunda do esgoto:** o ponto inicial da prática é a captação das fezes humanas através das descargas dadas nos banheiros das casas e que chegam em uma estação especial de tratamento. Logo após a captação e separação dos dejetos, o lodo é fermentado anaerobicamente. O gás gerado, metano, é coletado e distribuído nas residências, garantindo o funcionamento dos sistemas de calefação e/ou para geração de energia (e os resíduos sólidos podem ser utilizados como fertilizantes).

6. **Campanhas de energia solidária:** campanhas que incentivam o uso consciente da energia e a troca de equipamentos antigos por outros mais eficientes representam medidas locais visando resultando global.

Por meio do eixo de Educação para a Sustentabilidade, os *stakeholders* dos três municípios definiram duas práticas como as mais indicadas para cada município, e, coincidentemente, são as mesmas para todos eles. De acordo com a opinião da comunidade, as práticas que teriam mais sucesso se implementadas e que contribuiriam mais para a sustentabilidade das cidades são o IPTU Verde (para que todos possam contribuir de alguma forma) e a implantação de iluminação mais eficiente (com uso de LED).

4. CONCLUSÃO

Para a aplicação de programas de sustentabilidade, o diagnóstico e a pesquisa por práticas que vem sendo aplicadas no mundo todo são fundamentais. Neste sentido, o PRESUST-RS pretendeu aprofundar a discussão sobre indicadores de diversos eixos, e o de eficiência energética pode contribuir para a percepção de setores prioritários no momento de se definir quais práticas utilizar. A exemplo de Santa Maria, o grande destaque em termos de consumo de energia elétrica é o setor residencial, enquanto que em Porto Alegre este destaque é para o setor comercial e em Passo Fundo para o setor industrial. Ainda, este diagnóstico apontou resultados favoráveis em termos de eficiência energética no que diz respeito ao percentual da oferta interna de energia elétrica produzida por fontes renováveis, porém, um estudo mais aprofundado pode levar à conclusão de que isso se deve ao grande potencial hídrico do Brasil, já que na verdade ainda é baixo o percentual de uso de energias alternativas como a eólica e a solar. Além disso, a pesquisa e seleção de práticas sustentáveis levou à escolha do uso de tecnologias como o LED e medidas de incentivo à implementação de práticas pela própria população, como o IPTU Verde. Isso mostra que os *stakeholders* tendem a preferir práticas de mais fácil aplicação e, consequentemente, com resultados mais rápidos e de maior percepção pela cidade como um todo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro para realização desta pesquisa, por meio do processo 88881.068119/2014-01.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMPLA. **Regulamento**. 2015. Disponível em: <http://ampla.luzsolidaria.com.br/regulamento/>. Acesso em: 10 mar. 2016.

ANEEL. **Programa anual de combate ao desperdício de energia elétrica**. 2000. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/Audiencia_Publica/audiencia_proton/2000/ap003/ECOLUZ.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2016.

BORGES, F. Q. Sustentabilidade institucional no setor elétrico brasileiro. Revista Pretexto, Belo Horizonte, v. 16, n. 1, 2014.

BRANDLI, L. L. et al. **Prerequisites for the sustainability of municipalities in Rio Grande do Sul – Brazil: a project to foster Sustainable Development. In:** 3RD WORLD SYMPOSIUM ON

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AT UNIVERSITIES, 2016, Cambridge. Anais... Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2016.

CICLOVIVO. **Rio Claro (SP) recebe iluminação pública movida a energia solar**. 2014. Disponível em: <http://ciclovivo.com.br/noticia/rio-claro-sp-recebe-iluminacao-publica-movida-a-energia-solar/>. Acesso em 3 abr. 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015:** ano base 2014. Ministério de Minas e Energia: 2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica /Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015.xls>. Acesso em: 2 nov. 2016.

EXAME. **Este é o maior estacionamento solar do Brasil e fica na UFRJ**. 2015. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/estacionamento-solar-na-ufrj-e-capaz-de-abastecer-77-casas>. Acesso em: 12 mai. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. 2010. Disponível em < http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em: 08 nov. 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **NBR 37120**: Sustainable development of communities - Indicators for city services and quality of life. Genebra, 2014.

OBSERVA POA. Porto Alegre em Análise: indicadores. 2015. Disponível em: <http://portoalegreemanalise.procempa.com.br/?regiao=1_5_240>. Acesso em: 11 set. 2015.

PLEEC. Background. Planning for Energy Efficient Cities. 2013. Disponível em: <http://www.pleecproject.eu/about-pleec/background.html>. Acesso em: 18 dez. 2015.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Publicação**. São Paulo: Programa Cidades Sustentáveis, 2012. Disponível em: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/downloads/ publicacoes/publicacao-programa-cidades-sustentaveis.pdf >. Acesso em: 10 nov. 2016.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Boas práticas**: Energia que vem do esgoto. 2015. Disponível: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/energia-que-vem-do-esgoto>. Acesso em: 15 mai. 2016.

SALVADOR**.** Prefeitura Municipal de Salvador. **IPTU Verde**. 2016. Disponível em: < http://iptuverde.salvador.ba.gov.br/>. Acesso em: 20 mai. 2016.

SALVIA, A. L. et al. Projeto PRESUST-RS: Pré-requisitos para a sustentabilidade dos municípios do Rio Grande do Sul. IN: II Encontro Nacional de Tecnologia Urbana, 2015. **Anais**... Passo Fundo: 2015.

SOLAR ROAD. **Publications**. 2015. Disponível em: <http://www.solaroad.nl/wp-content/uploads/2015/10/SolaRoad_UK.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2016.

TIEPO, Cristiane. **Educação para sustentabilidade e construção de capacidades nas cidades do Rio Grande Do Sul**. 2016. 227 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental)- Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects**: The 2012 Revision. Department of Economic and Social Affairs: New York, 2013. Disponível em: <http://esa.un.org/unpd/wpp/publications/Files/WPP2012_HIGHLIGHTS.pdf>. Acesso em: 29 out. 2016.

298. ESTUDO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DE DUTO DE LUZ ALIADO AO USO DE HELIOSTATO PARA ILUMINAÇÃO DE EDIFICAÇÕES SUBTERRÂNEAS EM PORTO ALEGRE

BYSTRONSKI, Yasmin de Almeida[1](yasmin.bystronski@ufrgs.br); MARTAU, Betina Tschiedel*[1] (betina.martau@ufrgs.br)*

[1] Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - PROPAR, Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

O uso dos espaços subterrâneos tem crescido nas últimas décadas, principalmente em função do conceito de cidade compacta, adotado em muitos países como estratégia para garantir a sustentabilidade urbana. O contato com a luz natural é apontado como alternativa de grande potencial para a melhoria das experiências dos usuários desses locais. A utilização dessa fonte de luz implica também a diminuição do uso de luz elétrica no período diurno, possibilitando economia de recursos energéticos. Uma tecnologia capaz de conduzir a luz natural são os chamados dutos de luz, que permitem o transporte do raio luminoso até grandes profundidades. Esta pesquisa tem como objetivo verificar o comportamento de um duto de luz, pouco utilizado no país e no contexto da cidade de Porto Alegre. A metodologia envolveu estudo experimental realizado com modelos de escala reduzida e compreendeu duas fases. Na primeira, foram testados dutos de 30 cm de altura e 5 cm de diâmetro revestidos internamente com diferentes materiais reflexivos e sem heliostatos na parte superior, para verificar qual conduziu maior quantidade de luz. O de melhor desempenho foi utilizado na fase dois, na qual foi executado um duto de luz de 150 cm de altura e 5 cm de diâmetro, com heliostato no topo para captar a luz do sol e redirecioná-la ao interior do duto. Os resultados preliminares obtidos apontam para grande potencial do uso dessas tecnologias em dias de céu limpo, quando há ocorrência de luz direta do sol. Entretanto, para condições de céu encoberto, o sistema diminui consideravelmente sua eficiência. Sistemas híbridos, nos quais a luz elétrica entra em ação para complementar iluminâncias insuficientes, e utilização de heliostato podem ser necessários dependendo da inclinação solar. O ofuscamento e a transferência de carga térmica são as principais limitações do sistema, e essa tecnologia deve contemplar estratégias para enfrentá-las.

Palavras-chave: Luz natural; Dutos de luz; Heliostato; Edificações subterrâneas; Sustentabilidade.

EXPERIMENTAL STUDY OF LIGHT PIPES´ BEHAVIOR COMBINED WITH HELIOSTAT DEVICES FOR LIGHTING UNDERGROUND BUILDINGS IN PORTO ALEGRE

ABSTRACT

The use of underground spaces has been growing in the past decades, mainly because of the concept of compact cities, adopted in many countries as a strategy to guarantee urban sustainability. Contact with natural light is indicated as an alternative of great potential for improving the experience of users in these places. Using this source also implies in less electricity being used during daytime, allowing good savings in terms of resources. Light pipes are one of the technological alternatives able to conduct natural light, allowing the transportation of luminosity to great depths. This research

aims to verify the behavior of light pipes, which are not very commonly used in the country, in the context of the city of Porto Alegre. The methodology consisted of an experimental study performed with reduced-scale models and it was done in two parts. During the first one, we tested pipes (30 cm height x 5 cm diameter) with different types of internal reflexive coating, without the use of heliostat in the superior part, to verify which one conducted the highest amount of light. That material was selected for the second phase, which consisted in testing a 150 cm x 5 cm pipe with a heliostat on top to capture sunlight and redirect it into it. The results show that this kind of technology has great potential when the sky is clear, when direct sunlight occurs, but its efficiency decreases considerably during cloudy days. Dazzle and thermal charge transfer are the main limitations and this technology should find strategies to face them. Hybrid systems, in which electric light complements insufficient luminosity and the use of a heliostat, might be needed depending on solar position.
Keywords: Sunlight; Light-pipe; Heliostat; Underground buildings; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O alto crescimento populacional nos grandes centros urbanos implica a necessidade de mais áreas nas cidades, a fim de atender às novas demandas urbanas como habitação, lazer e redes de infraestrutura. Nesse contexto, o conceito de cidade compacta é trazido à tona como alternativa para produzir cidades mais sustentáveis, enfatizando o uso mais eficiente do solo existente (BESNER, 2002). Essa forma de pensar a cidade procura evitar o espalhamento das redes de infraestrutura urbana e seus altos custos, assim como a diminuição dos trajetos, possibilitando a diminuição da poluição, dos ruídos e do estresse da população em relação à perda de tempo para deslocar-se e acessar os serviços urbanos. Diante disso, o uso do espaço subterrâneo tem se mostrado uma estratégia importante para a renovação dessas áreas, pois permite abrigar novas atividades, além de aliviar a superfície para habitação e novas áreas verdes e de lazer ao ar livre – essenciais para a qualidade de vida urbana (DURMISEVIC, 1999; KALIAMPAKOS, BENARDOS, MAVRIKOS, 2015).

Entretanto, há estudos que apresentam diversos fatores negativos com relação às experiências dos usuários dessas áreas abaixo da superfície, como falta de orientação, de contato com a natureza, sensação de claustrofobia e de ambiente insalubre, bem como medo de colapso da estrutura, escuridão e falta de segurança (DURMISEVIC, SARIYILDIZ, 2001; KIM, KIM, 2010; ISOCARP, ITA, ITACUS, 2015). A luz natural é trazida como elemento de grande potencial para amenizar alguns desses fatores, à medida que aproxima o usuário da dinâmica do dia e do meio natural – o que implica melhoria da sensação de conforto e de segurança nos seres humanos (DURMISEVIC, 1999). Além disso, o contato com essa fonte de luz traz uma série de benefícios para a manutenção da saúde humana, sendo, portanto, essencial quando há usuários de longa permanência nesses ambientes (MARTAU, 2009; BOUBEKRI, 2014; HARB, HIDALGO, MARTAU, 2015). Cabe ressaltar que essa estratégia de iluminação fortalece o conceito de sustentabilidade ao diminuir o uso de energia elétrica em áreas de subsolos durante o dia, corroborando seu potencial para a criação de cidades mais eficientes energeticamente[1].

[1] Ainda relacionado ao conceito de eficiência energética, ressalta-se que a utilização de áreas enterradas também pode ser uma alternativa para o grande uso de condicionamento de ar nos dias quentes em cidades brasileiras, pois essas áreas, por estarem em contato com o solo, são capazes de manter quase que constantes as temperaturas ao longo dos dias, diminuindo a necessidade de aparelhos de ar-condicionado, por exemplo.

Para iluminar naturalmente locais distantes da superfície é necessário lançar mão de tecnologias capazes de conduzir os raios luminosos com eficiência a longas distâncias. Uma das tecnologias capazes de desempenhar essa função são os chamados dutos de luz – ou *light pipes* (BOUBEKRI, 2014; HANSEN, EDMONDS, 2015). Essa ferramenta conduz a luz como se fosse líquida através de dutos altamente reflexivos internamente. Esse sistema condutor também pode ser composto por outros materiais, como prismas, lentes, fibra óptica e painéis cortados a laser, por exemplo (HANSEN, 2006; BOUBEKRI, 2014).

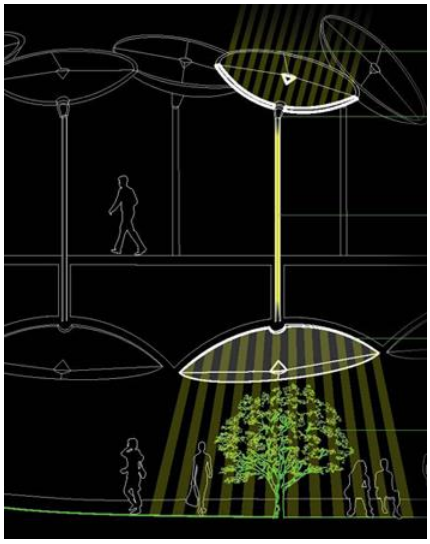
Cabe lembrar que o transporte de luz natural também pode acarretar transferência de carga térmica para o interior da edificação e ofuscamento, caracterizando as principais limitações dessa tecnologia, que deve contemplar estratégias a fim de enfrentá-las. Kim e Kim (2010) também apontam o uso da luz natural como uma estratégia capaz de influenciar positivamente o bem-estar de trabalhadores de subsolos urbanos. Porém, quando da ocorrência de luz direta, o ofuscamento nas zonas de trabalho pode atrapalhar o desenvolvimento de certas atividades e causa desconforto aos usuários, corroborando a necessidade de controle do brilho da luz captada, dependendo da atividade a ser desenvolvida no ambiente.

O desempenho dos dutos depende do ângulo que o raio luminoso incide neste, e quanto maior o número de reflexões ao longo do trajeto, menor seu desempenho (BOUBEKRI, 2014). Alguns estudos revelam a necessidade de utilizar um elemento captador de luz na extremidade dessas tecnologias para aumentar sua eficiência durante a variação do ângulo do sol ao longo dos dias e das estações (HANSEN, EDMONDS, BELL, 2009; AKHADOV *et al.*, 2014). A utilização de heliostatos – espelhos que seguem o movimento do sol – tem se apresentado como alternativa bastante eficiente e, por isso, também será tratada neste estudo. A utilização de áreas subterrâneas abaixo da superfície é crescente no contexto brasileiro e a ocorrência de experiências negativas dos seus usuários também se faz presente. Em pesquisa realizada na cidade gaúcha de Porto Alegre, foi apontada a utilização de iluminação como estratégia para melhorar a qualidade espacial dessas áreas e a percepção dos usuários (FRANZ, MARTAU, 2016). Mais uma vez, a luz natural é trazida como alternativa.

No entanto, ainda há poucos estudos quanto ao uso desses sistemas de dutos de luz no país e se desconhece algum que já tenha sido realizado no contexto da cidade de Porto Alegre. Para verificar o comportamento da luz natural em conjunto com essas tecnologias, é necessário que se realizem estudos locais, pois cada lugar apresenta um tipo de luz e de céu característico. Como exemplo, pode-se citar o laboratório da Low Line, em Nova Iorque, EUA (THE LOW LINE, 2016), onde estão sendo testadas algumas dessas tecnologias a fim de definir a estratégia mais adequada para aplicação no contexto daquela cidade (Figuras 1 e 2). O projeto pretende executar o primeiro parque subterrâneo do mundo em área que estava obsoleta no coração de uma das principais cidades do país. Seus idealizadores têm feito uso de tecnologias de captação e condução de iluminação natural para levar essa fonte de luz a esse local afastado da superfície, a fim de possibilitar a existência de vegetação no ambiente - o que tem sido utilizado como inspiração para o conteúdo aqui apresentado, que também caracteriza estudo-piloto para pesquisa de mestrado que está sendo desenvolvida.

Figura 1. Corte esquemático

Figura 2. Sistema de reflexão da luz natural captada



Corte mostrando o trajeto da luz captada até o ambiente subterrâneo.
Fonte: THE LOW LINE, 2016.



Imagem ilustrativa do sistema que redireciona a luz captada para o forro reflexivo do futuro parque.
Fonte: THE LOW LINE, 2016.

2. OBJETIVO

A pesquisa teve por objetivo verificar o comportamento de um duto de luz no contexto de céu da cidade de Porto Alegre, Brasil.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa utilizado caracteriza-se por estudo experimental, no qual foram desenvolvidos modelos de escala reduzida e que compreendeu duas fases. Na primeira, foram realizados testes com quatro dutos de 30 cm de altura e 5 cm de diâmetro, a fim de escolher o material mais reflexivo para realizar a fase dois do experimento. Na segunda fase, foi executado um duto de 150 cm de altura e 5 cm de diâmetro com um heliostato no topo para captar a luz natural. Essa altura representa um sistema que percorreria o equivalente a um edifício de 10 andares na escala 1.20 – adequada para essa tipologia de estudo da luz do sol, segundo a NBR 15215-4 (ABNT, 2005). Para a medição da iluminância foram utilizados sensores do tipo *dattaloggers* HOBO UA-002-64, capazes de medir também a temperatura.

3.1 Experimento fase um – procedimentos para escolha do material

Para a execução de dutos de luz recomenda-se a utilização de materiais altamente reflexivos, como Spectralight[2], alumínio TS V98100 ou lâmina Mylar, que apresentam entre 95% e 99% de refletividade (TOLEDO, 2013). Entretanto, até o momento não foi possível encontrar esses materiais para venda ou doação[3] no mercado local. A fim de realizar a escolha do material mais eficiente entre

[2] Tecnologia utilizada pela empresa Solatube (2016). Tentou-se conseguir esse material para realizar testes, mas, devido a burocracias internas da empresa, não foi possível realizar a parceria.
[3] O alumínio TS V98100 foi encontrado em empresa localizada no norte do Brasil, porém o material é trazido da Alemanha, por esse motivo não foi possível enviar amostra para testes até o momento. A lâmina Mylar foi encontrada no estado de Santa Catarina para venda, porém não haviam na

os disponíveis, foram selecionados quatro tipos: aço inox polido, alumínio polido, película reflexiva para vidros e pintura branca.

A execução dos dutos exigiu a utilização de calandra para transformar as placas metálicas em cilindros. Os dutos possuem um revestimento externo em ferro, necessário para calandrar os materiais e não danificá-los durante o processo de dobra da placa. A película reflexiva foi colocada solta no interior de um dos dutos, pois a sua colagem poderia enrugar o material[4] quando fosse transformado em cilindro. O alumínio foi polido com processo abrasivo (próprio para esse tipo de material[5]) para que ficasse o mais reflexivo possível. Optou-se por esse tratamento para otimizar o potencial do material, devido a sua maior leveza em relação aos demais – característica importante para evitar a sobrecarga dos sistemas de captação de luz natural. Para a confecção do duto com pintura branca foi utilizada tinta acrílica em *spray*[6].

Após a confecção dos dutos, foram executados suportes para apoiá-los, onde também seriam colocados os sensores internamente. Os suportes foram feitos a partir da reciclagem de caixas de papelão. As medições foram realizadas em dias de céu parcialmente nublado, possibilitando a verificação do comportamento dos dutos quando da ocorrência de luz direta e de luz difusa. Entretanto, verificou-se que o papelão cedeu devido ao peso do duto, favorecendo o surgimento de frestas que permitiam a entrada de luz intrusiva. Foram confeccionadas novas bases em MDF, cortadas a laser e coladas com cola de isopor (Figura 3), e novas medições foram realizadas sob as mesmas condições de céu. Os sensores foram programados para coleta de dados de 30 em 30 minutos.

Foi utilizado um sensor na extremidade inferior de cada cilindro e um sensor externo, viabilizando o cálculo da porcentagem de luz incidente que chega ao fim do trajeto (Figura 3). Esse sensor foi colocado acima de um cilindro de ferro e sobre pedaço de papelão, a fim de verificar a incidência de luz na altura que esta também incidia nos dutos, minimizando distorções e interferências nos resultados obtidos. Os dados do experimento foram registrados em planta baixa com a localização de cada duto e seu respectivo material, bem como o número do sensor posicionado.

Figura 3. Fase 1 do experimento

Figura 4. Fase 2 do experimento

UFRGS máquinas disponíveis para fixa-la no alumínio e depois transforma-la em cilindro no momento da pesquisa, inviabilizando sua utilização.

[4] Foram testadas películas reflexivas coladas em placas de alumínio, mas estas enrugaram ao ser calandrado o material. Por esse motivo foram descartadas.

[5] Neste caso, foi utilizado polimento com pasta. Porém há outras formas de polir o alumínio (com líquidos e partículas abrasivas menores que as da pasta) que podem deixa-lo com índice de refletividade maior. Entretanto, são processos que exigem profissional qualificado – o que não foi encontrado a nível local até o momento.

[6] Spray Multiuso Branco Brilhante, da marca Suvinil.



Fonte: as autoras.



Fonte: as autoras.

3.2 Experimento fase dois – procedimentos para verificação do comportamento do duto de luz

Nesta fase, foi executado um duto em ferro com 150 cm de altura, revestido internamente com o material considerado mais eficiente na fase anterior do experimento. As máquinas disponíveis para calandrar esse objeto não possibilitam a execução de um duto dessa altura. Diante disso, foram feitos dois dutos com 75 cm de altura, que posteriormente foram soldados.

Foram soldadas três hastes na região inferior do duto, para possibilitar seu apoio no piso, e duas hastes na extremidade superior, para apoio do espelho móvel (Figura 4). Executou-se o espelho redirecionador de luz com 5 cm de diâmetro, e esse foi colado em um sistema móvel com transferidor[7] que permite o seu manuseio de acordo com a altura solar. Para calcular a posição do sol foi utilizada a ferramenta online *SunPosition* (SUSDESIGN, 2016), na qual foram introduzidos o posicionamento da cidade de Porto Alegre, Latitude Sul -30º e Longitude Oeste -51º (PORTO ALEGRE, 2016), e a data e horários requeridos.

Incialmente se tentou utilizar o transferidor do espelho para acertar o ângulo do sol conforme as informações obtidas com a ferramenta *SunPosition*, mas o ângulo não coincidiu com o ângulo real solar. Isso pode ter ocorrido devido a certa inclinação que o conjunto pode ter, resultante da execução manual. É possível que o duto tivesse ligeira inclinação, assim como a haste que apoiava

[7] Essa parte do sistema foi executada em madeira MDF e desenhada e cortada por máquina a laser na UFRGS.

o transferidor. Diante disso, ressalta-se a importância de verificar a precisão da ortogonalidade do sistema quando for executado.

Quando a definição dos ângulos for o objetivo do estudo, deve-se atentar também para a utilização de método que possa estabelecer o erro do sistema, a fim de aprimorá-lo e possibilitar a definição dos ângulos solares mais aproximada da realidade. Entretanto, o foco desse estudo é verificar a quantidade de luz transmitida pelo duto quando da utilização do espelho móvel, o que possibilitou a continuidade do experimento. Sendo assim, para movimentar o sistema de acordo com a direção do sol, foi utilizado procedimento visual de tentativa e erro minutos antes de os sensores de luz executarem as medições. Para tanto, o espelho foi movido manualmente até o raio de luz solar ser transmitido na extremidade inferior do duto.

Diante da necessidade de visualizar o raio de luz transmitido pelo duto, não foi possível utilizar uma caixa fechada na extremidade a fim de evitar a entrada de luz intrusiva. Assim sendo, foram utilizados três sensores nessa etapa. O primeiro foi localizado ao fim do duto, e o segundo na área menos iluminada (sombra interna), viabilizando o cálculo da quantidade de iluminância fornecida pelo duto de luz. Um terceiro sensor foi localizado em área não sombreada para verificar a porcentagem de luz transmitida pelo sistema.

Cabe ressaltar que os sensores podem apresentar erro de um minuto em relação ao horário real. Para não interferir nos dados obtidos, o ajuste da posição do sistema foi realizado até o limite de dois minutos antes de os sensores agirem. As coletas de iluminância foram programadas para ocorrerem de 30 em 30 minutos. O conjunto foi posicionado inicialmente para o Norte magnético e movido ao longo dos testes de acordo com o trajeto do sol. Os dados obtidos para condições de céu encoberto não foram considerados devido à baixa ou não condução de luz natural para as dimensões de duto estudadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento fase um – escolha do material

Esta etapa foi realizada no dia 18 de dezembro de 2016 sob condições de céu parcialmente nublado, alternando entre incidências de luz direta e de luz difusa nos dutos. Os resultados obtidos apontam o duto pintado internamente de branco como material menos eficiente, seguido do material composto por inox polido (Tabela 1). O duto de alumínio polido apresentou maior eficiência na condução da luz natural nas condições de céu desse dia, seguido do duto revestido internamente com a película reflexiva para vidros.

Tabela 1. Iluminâncias medidas (em lux) no dia 18/dez - céu parcialmente nublado – demonstrando o desempenho dos diferentes materiais

Linha	Hora	Alumínio Polido	Aço Inox Polido	Película Reflexiva para Vidro	Pintura Branca	Sensor Externo	% de transmissão do material mais eficiente
1	15h30	21.355,7	8.266,7	20.666,8	2.066,7	209.423,6	10,2
2	16h00	11.022,3	7.233,4	8.266,7	1.636,1	198.401,3	5,5
3	16h30	4.822,3	1.808,3	3.444,5	1.377,8	176.356,7	2,7
4	17h00	5.166,7	3.100,0	4.650,0	1.636,1	170.845,6	3,0
5	17h30	1.980,6	1.722,2	1.980,6	721,2	14.466,8	13,7
6	18h00	4.994,5	4.133,4	4.994,5	1.463,9	49.600,3	10
7	18h30	3.100,0	2.583,4	3.100,0	1.044,1	34.444,7	8,9
8	19h00	495,1	355,2	484,4	150,7	8.266,7	5,9
9	19h30	818,1	645,8	839,6	236,8	9.644,5	8,7
10	20h00	236,8	193,8	236,8	75,3	1.980,6	11,9
11	20h30	0	0	0	0	118,4	0

Fonte: as autoras.

No entanto, deve ser ressaltado que os resultados das linhas 5, 6 e 7 foram exatamente os mesmos para esses dois materiais, sendo que às 19h30 desse dia a película reflexiva apresentou maior eficiência. Esse fato pode ter ocorrido devido a interferências externas no momento que o sensor executou a medição. Poderia também ser levantada a hipótese de esses dois materiais apresentarem índices de reflexão mais próximos e os sensores utilizados não serem capazes de medir com exatidão diferenças menores, generalizando alguns resultados. O fato ocorreu quando a iluminância externa variou entre 14.466,8 lux e 49.600,3 lux (Tabela 1), e quando acima ou abaixo desses valores os resultados obtidos seguem um mesmo padrão – no qual o alumínio tem maior desempenho na condução de luz natural. Tal constatação também aponta a hipótese de esses sensores apresentarem essa incoerência dentro dessa faixa de iluminância.

Ainda assim, e diante do contexto desta pesquisa, adotou-se o alumínio polido como material mais adequado para realizar a próxima etapa do experimento, por ser mais leve e por existir mão-de-obra local capaz de produzi-lo. Entende-se, porém, que deve ser realizado estudo mais profundo acerca do funcionamento dos equipamentos utilizados para medição de iluminância, a fim de verificar o fator de erro que podem apresentar diante das condições aqui descritas. Para tal, pode ser realizada a comparação com dados obtidos simultaneamente por luxímetros calibrados, visando aferir a exatidão dos resultados.

Diante da Tabela 1, pode-se ainda constatar que, em condições de luz direta e com alta angulação solar, a iluminância captada é maior se comparada quando em condições de céu nublado, como esperado. Verifica-se, porém, que em condições de luz difusa (linhas 5, 9 e 10) a capacidade de transmissão do sistema aumentou. Ao analisar a tabela também se percebe a variação não constante da quantidade de luz externa, devido às condições de céu parcialmente nublado. Isso deve ser considerado ao projetar essas tecnologias, principalmente quando a variação do brilho não for desejada internamente.

4.2 Experimento fase dois – comportamento do duto de luz

Esta fase foi realizada no dia 23 de dezembro de 2016 e sob condições de céu parcialmente nublado. Na Tabela 2, são apresentados os resultados quando da ocorrência de céu limpo durante esse dia.

Tabela 2. Iluminâncias medidas (em lux) no dia 23/dez – momentos de céu limpo

Linha	Hora	Sensor no fim do duto	Sensor na sombra	Quantidade transmitida pelo duto	Sensor no sol	Heliostato agindo	% de transmissão de luz do duto
1	13h00	60.622,6	26.178,0	34.444,6	275.557,4	Não	12,5
2	14h00	19.977,9	28.933,5	-	264.535,1	Não	-
3	15h30	17.911,2	44.089,2	26.178,0	187.379,0	Sim	13,9
4	16h30	57.867,0	26.178,0	31.689,0	176.356,7	Sim	17,9

Fonte: as autoras.

Nota-se que não há necessidade de utilizar o espelho móvel para elevadas alturas solares. Nesse dia, verificou-se visualmente a sua necessidade a partir das 14h (Figura 5), quando o duto não refletia luz na área onde estava localizado o sensor. Na Figura 6, é mostrado o efeito visual da luz redirecionada pelo duto quando a área do céu em frente ao sol estava livre das nuvens. Nessa mesma figura, nota-se a incidência de luz direta no final do duto, possível através da utilização do espelho móvel – o que aponta o potencial dessa tecnologia quando sob condições de céu limpo.

Figura 5. Sensor na extremidade do duto



Imagem obtida às 14h04.
Fonte: as autoras.

Figura 6. Luz refletida/captada na extremidade



Imagem obtida às 16h55.
Fonte: as autoras.

A luz transmitida pelo heliostato, em conjunto com o duto reflexivo internamente, apresenta quantidades suficientes para tarefas visuais comuns, de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), para iluminar naturalmente um ambiente que esteja situado a 30 metros da área de captação, em Porto Alegre. A capacidade de transmissão de luz do duto aumentou consideravelmente, atingindo 17,9%, mesmo com baixo ângulo solar (Tabela 2). Este estudo foi realizado no verão, quando os ângulos do sol favorecem a captação. Entretanto, é possível verificar a diminuição da eficiência à medida que o sol se aproxima da linha do horizonte, o que deve acentuar-se durante o inverno. Isso aponta para a importância de espelhos móveis, principalmente durante essa estação

do ano, e corrobora os estudos de Hansen, Edmonds e Bell (2009), em que baixas altitudes solares implicam menor eficiência de dutos de luz.

Cabe ainda destacar que a luz transmitida pelo duto fica localizada na superfície logo abaixo deste, caracterizando uma área bastante restrita possível de ser iluminada, o que também pode apresentar-se como uma limitação da tecnologia. Entretanto, há estratégias (como uso de elementos que redirecionam e difundem a luz) disponíveis para refletir essa luz e conduzi-la horizontalmente no ambiente subterrâneo, distribuindo-a aos ambientes mais afastados do núcleo iluminado (HANSEN, 2006; HANSEN EDMONDS, 2015). A utilização de espelhos e de materiais reflexivos em forros também são algumas das alternativas para enfrentar esse obstáculo, conforme pode ser visto no laboratório da Low Line, em Nova Iorque, EUA (THE LOW LINE, 2016).

Como citado no início deste artigo, o objetivo do experimento foi verificar o desempenho de determinado duto de luz reflexivo internamente, aliado ao uso de heliostato no contexto da cidade de Porto Alegre. Os dados coletados apontam que o uso dessa tecnologia oferece grande potencial para aplicação em espaços afastados da superfície na cidade, porém quando em condições de céu limpo. Diante desse contexto, a estratégia utilizada forneceu índices de iluminância suficientes para iluminar naturalmente um ambiente que poderia estar localizado em área subterrânea, por exemplo. As quantidades de luz captadas indicam a possibilidade de utilização de vegetação nesses ambientes, o que deve ser aprofundado em pesquisas futuras a fim de verificar a sua viabilidade ou novas estratégias para tornar isso realidade no contexto de Porto Alegre. Ainda assim, essa tecnologia deve ser acompanhada de estratégias que permitam controlar a condução de carga térmica e de luz excessivas (ofuscamento), que são uma das limitações do sistema. Cabe ressaltar que este estudo foi realizado próximo do solstício de verão, quando o ângulo do sol atinge maiores altitudes, e que, ainda assim, a utilização do heliostato é necessária na maior parte do tempo. Diante disso, conclui-se que a utilização desse elemento deve ser considerada a fim de aumentar a eficiência desses sistemas ao longo de todo ano, principalmente no inverno, quando a altura solar é mínima. Para situações de céu encoberto, a eficiência de dutos profundos e estreitos diminui consideravelmente, podendo ser praticamente nula. O uso de sistema híbrido, no qual a luz elétrica é acionada para complementar iluminâncias insuficientes, pode ser uma alternativa para essa limitação.

5. CONCLUSÃO

Pequenos experimentos utilizando modelos em escala reduzida podem ser uma ferramenta rápida e eficiente para avaliação de desempenho de novas tecnologias de iluminação. Apesar de os *softwares* hoje disponíveis possibilitarem simulações das variadas condições de céu, medições *in loco* sempre terão mais validade como base para tomada de decisões projetuais. Este estudo será utilizado como ponto de partida para um experimento maior acerca da utilização de estratégias de iluminação natural de ambientes profundos na cidade de Porto Alegre para crescimento de vegetação. É importante que estudos como este sejam desenvolvidos e divulgados, uma vez que já está comprovada a necessidade de luz natural para manter a saúde e bem-estar dos usuários dos espaços. Futuros projetos na cidade, como o do metrô ou de novas áreas subterrâneas, poderão se beneficiar dos resultados obtidos nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15215-4. Iluminação natural. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR ISO/ CIE 8995-1. Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: interior. Rio de Janeiro, 2013.

AKHADOV, Z.; ABDURAKHMANOV, A.; SOBIROV, Y.; KHOLOV, S.; MAMATKOSIMOV, M.; KUCHKAROV, A. A system with a tracking concentrating heliostat for lighting underground spaces with beams of sunlight. Applied Solar Energy. V. 50, n. 2, p. 122, 2014.

BESNER, J. The sustainable usage of the underground space in metropolitan area. Proceedings of the 9th International Conference of Associated Research Centers for the Urban Underground Space. Torino, 2002.

BOUBEKRI, M. Daylighting design: planning strategies and best practice solutions. Birkhäuser, 2014. 176 p.

DURMISEVIC, S. The future of the underground space. Cities. V. 16, n. 4, p. 233-245, 1999.

DURMISEVIC, S.; SARIYILDIZ, S.. A systematic quality assessment of underground spaces–public transport stations. Cities. V. 18, n. 1, p. 13-23, 2001.

FRANZ, E.; MARTAU, B.. Percepção de conforto ambiental em espaços subterrâneos. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. V. 16, p. 2907-2918, 2016.

HANSEN, V. G.. Innovative daylighting systems for deep-plan commercial buildings. Australia, Brisbane, 348 p, p. 1/19-2/58, 2006. Tese (Doutorado) – Queensland University of Technology.

HANSEN, V. G.; EDMONDS, I.. Methods for the illumination of multilevel buildings with vertical light pipes. Solar Energy, v. 117, p. 74-88, 2015.

HANSEN, V. G.; EDMONDS, I.; BELL, J.. Improving daylighting performance of mirrored light pipes. Conference on Passive and Low Energy Architecture. V. 26, 2009.

HARB, F.; HIDALGO, M.; MARTAU, B.. Lack of exposure to natural light in the workspace is associated with physiological, sleep and depressive symptoms. Chronobiology international. V. 32, n. 3, p. 368-375, 2015.

KALIAMPAKOS, D.; BENARDOS, A.; MAVRIKOS, A. A review on the economics of underground space utilization. Tunneling and Underground Space Technology. V. 55, p. 236-244, 2016.

KIM, G.; KIM, J.. Visual environment within the already-built underground development in South Korea. Indoor and Built Environment. V. 19, n. 1, p. 184-191, 2010.

MARTAU, B. A luz além da visão. Revista Lume Arquitetura. V. 38, n. 38, p. 54-61, 2009.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/ictportoalegre/default.php?p_secao=98>. Acesso em: 25 nov 2016.

SUSDESIGN. Sustainable by design. Disponível em: <http://susdesign.com/tools.php>. Acesso em: 10.dez.2016.

THE LOW LINE. Disponível em: <http://www.thelowline.org/>. Acesso em: 25.nov.2016.

TOLEDO, G. E.. Parâmetro de design para configuração de dutos de luz Solar. Curitiba, 148 p., 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

ISOCARP, ITA, ITACUS. Think deep: planning, development and use of underground space in cities. 2015. 59p, p. 5-26. Disponível em: < http://isocarp.org/app/uploads/2015/05/FINAL_Think-Deep.pdf>. Acessado em 20.nov.2016.

362. ANÁLISE COMPARATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO DE DIFERENTES ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

SOARES, Renan B.[1] (renanbarroso.offshore@hotmail.com); MEMELLI, Marina S.[1](marina.memelli@gmail.com); ROQUE, Regiane P. [1] (regianepr@gmail.com); GONÇALVES, Ricardo F.[1] (rfg822@gmail.com);*
[1]Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
**Autor correspondente*

O tratamento de esgoto é um processo de uso intensivo de recursos, principalmente energia. Entre 15 e 40% dos custos de operação nos sistemas convencionais de tratamento de esgoto é atribuído à energia. Com o aumento demográfico previsto e a tendência restritiva nos padrões de qualidade para lançamento de efluentes, o consumo de energia tende a aumentar ainda mais, se não ocorrerem mudanças nos processos. A literatura reúne o consumo energético de diferentes sistemas de tratamento de esgoto, na tentativa de mapear o processo e auxiliar as tomadas de decisão, na busca por melhores alternativas. Uma dessas alternativas está na recuperação de energia do esgoto. O sistema de tratamento convencional requer entre 0,3 e 0,6 kWh/m^3 enquanto que a energia contida no esgoto pode conter até 10 vezes do valor requerido no tratamento. O tratamento de esgoto e a geração de energia simultâneos, denominado sistema híbrido de tratamento, são uma tendência mundial. No Brasil, estudos recentes têm demonstrado, através de balanços de energia, a viabilidade energética de sistemas anaeróbio-aeróbio, com produção de algas. Este trabalho apresenta uma revisão comparativa do consumo energético de diferentes estações de tratamento de esgoto, visando um melhor entendimento e gerenciamento dos processos.
Palavras-chave: Estação de Tratamento de Esgoto; Consumo de energia; Bioenergia.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ENERGY CONSUMPTION OF DIFFERENT SEWAGE TREATMENT STATIONS

ABSTRACT
Sewage treatment is a process of intensive use of resources, mainly energy, which accounts for 15 to 40% of the operating costs in conventional sewage treatment systems. With the expected demographic increase and the restrictive trend in quality standards for effluent discharge, the energy consumption tends to increase further if there are no changes in the processes. The literature gathers the energy consumption of different sewage treatment systems, in an attempt to map the processes and to help the decision making in the search for better alternatives. One of these alternatives is the recovery of energy from the sewer. The conventional treatment system requires between 0,3 and 0,6kWh/m^3, while the energy contained in the sewage may be up to 10 times of the one required for the treatment. The simultaneous sewage treatment and power generation, called the hybrid treatment system, is a worldwide trend. In Brazil, recent studies have shown, through energy balances, the energy viability of anaerobic-aerobic systems, with the production of algae. This work presents a comparative review of the energy consumption of different sewage treatment plants, aiming at a better understanding and management of the processes.
Keywords: Sewage treatment station; Energy consumption; Bioenergy.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da água é um grande consumidor de energia, desde a fase da construção das instalações até a desmobilização final dos equipamentos. A maior parte é consumida nas estações de tratamento. Tipicamente, o uso de energia representa de 5 a 30% dos custos de operação das estações no mundo (KANG; CHAE, 2013). A eletricidade é a forma de energia predominante e é usada para alimentar bombas, válvulas, compressores e outros equipamentos (WANG *et al.*, 2016). No Brasil, as companhias públicas de abastecimento e saneamento gastaram 2,94 bilhões de reais com energia em 2010 (VIEIRA, GHISI, 2016). Entender e quantificar o uso de energia na água é crucial para o uso sustentável dos recursos, através de modelos eficientes, tecnologia, melhor gerenciamento e escolhas apropriadas para cada projeto. Apesar das políticas de energia e água serem apresentadas separadamente, sua integração é necessária, uma vez que as decisões tomadas sobre a água afetam o consumo de energia (VILANOVA; BALESTIERI, 2015a).

Os sistemas tradicionais de água e esgoto são custosos, frequentemente ineficientes e grandes consumidores de energia (MAHGOUB, 2010). O consumo de energia é considerado uma das maiores fontes antropogênicas de gases do efeito estufa (GEE) e alguns dos impactos mais relevantes do aquecimento global (VILANOVA; BALESTIERI, 2015a). Na União Europeia, a estratégia de energia e mudança climática pretende transformar o modelo atual de economia, baseado no uso intensivo de recursos, em um novo modelo de crescimento sustentável (SANTOS *et al*., 2016). Garantir a segurança energética e hídrica e reduzir as emissões de carbono é importante no planejamento das cidades (SINGH; KANSAL, 2016). Tornar uma estação de tratamento de esgoto (ETE) autossustentável em energia pode melhorar sua rentabilidade (METCALF & EDDY, 2016) e diminuir a emissão de GEE. Contudo, ainda é difícil demonstrar quantitativamente esses benefícios e maiores estudos são necessários para superar as barreiras políticas, comportamentais, financeiras e técnicas (CATARINO; HENRIQUES, 2016). O consumo de energia no setor parece estar subpesquisado e necessita de mais exploração (VARBANOV *et al*., 2015). Existe uma falta de conhecimento, não estando claro como o consumo de energia varia em diferentes processos e países (WANG *et al.*, 2016).

2. OBJETIVO

Este trabalho tem o objetivo de explorar informações sobre o consumo de energia no setor de esgoto, durante as etapas do sistema, e comparar o cenário brasileiro com o mundial. Este mapeamento é importante para sugerir alternativas que visem aumentar a eficiência energética das ETEs, com ganhos econômicos e ambientais.

3. REVISÃO DA LITERATURA

A maioria das revisões na literatura, sobre o consumo energético em ETE, é específica para determinadas regiões ou processos, destacando-se BODÍK e KUBASKÁ (2013), LONGO *et al.* (2016) e PANEPINTO *et al*. (2016). Outras revisões envolveram o setor como um todo, como fizeram LEMOS *et al*. (2013) e WAKEEL *et al*. (2016). Segundo SINGH e KANSAL (2016), do total de energia consumido, 70% é usada para operação e 30% na construção. Nas ETEs da América do Norte, devido ao grande volume de esgoto tratado, 94% da energia gasta está na fase de operação da planta (WAKEEL *et al.*, 2016). Os dados sobre esse consumo no Brasil são escassos.

O consumo de energia no bombeamento de esgoto para a ETE depende de vários fatores. SINGH e KANSAL (2016) estimaram o consumo em 0,09kWh/m^3 na Índia, ou 45,3% do total usado

para operação da ETE. Nos EUA, o gasto nesta etapa é 0,04kWh/m^3, na Nova Zelândia varia entre 0,04 e 0,19kWh/m^3, no Canadá fica em torno de 0,02 e 0,1kWh/m^3 (MATOS *et al.*, 2014), na Hungria está entre 0,045 e 0,14kWh/m^3, e na Austrália é estimado entre 0,1 e 0,37kWh/m^3 (BODÍK e KUBASKÁ, 2013). LONGO *et al*. (2016) sugeriram uma média mundial de consumo de 5 a 18% para o bombeamento.

3.1. Consumo de Energia no Tratamento de Esgoto

O consumo de energia para o tratamento de esgoto dependerá da vazão, qualidade do efluente, tipos de processos adotados (METCALF & EDDY, 2016) e qualidade do afluente FITZSIMONS (2016). Na Alemanha e na Itália, cerca de 1% do consumo de energia do país está nas ETEs, sendo uma boa estimativa para os países da Europa (LONGO *et al.*, 2016), ainda que outros percentuais possam ser descritos na literatura. WANG *et al.* (2016) citaram 0,7% para Alemanha, 0,6% para os Estados Unidos e 0,25% para a China. LI *et al.* (2016a) relataram de 0,21 a 0,49% para a China. KANG e CHAE (2013) mencionaram 0,5% para a Coréia do Sul. No geral, o tratamento de esgoto requer entre 0,3 e 0,6kWh/m^3 (SHEN *et al.*, 2015), mas quando existem limitações de área ou são requeridas qualidades elevadas para o efluente, podem ser adotadas tecnologias alternativas com maior consumo de energia. (GARRIDO *et al*., 2011). Normalmente, o custo energético representa de 15 a 40% do custo total de operação da ETE, ficando apenas atrás da mão de obra (GIKAS, 2015). Independentemente de sua escala, cada estação apresenta oportunidades de melhorar sua eficiência energética, podendo-se obter uma economia de 20 a 40% e, em alguns casos, de até 75% (CATARINO; HENRIQUES, 2016).

LONGO *et al*. (2016) apresentaram uma revisão da literatura sobre o consumo de energia em ETEs de países na América do Norte, Ásia e Europa. Foi observado que o tratamento preliminar consome menos de 1% do total consumido na ETE. No tratamento primário, pouquíssima energia é gasta. No tratamento secundário, o consumo de energia varia conforme o tipo de tratamento adotado (ORTIZ, 2007). O gasto energético no tratamento terciário depende do grau de tratamento necessário aplicado aos efluentes (MATOS, 2014).

WAKEEL *et al.* (2016) reportaram o consumo de energia em ETEs de diferentes países e, desconsiderando as diferenças de tecnologia, a média de consumo foi similar, entre 0,38 e 1,122kWh/m^3. Foram analisadas 5 ETEs na China, incluindo uma das maiores do mundo (capacidade de 2x10^{6}m^3/dia), e comparadas com outras, dos Estados Unidos, Alemanha e da África do Sul. O consumo de energia foi dominado pela aeração, tendo menor consumo o bombeamento e o desaguamento de lodo.

LI *et al*. (2016a) estudaram 9 ETEs no sul da China e, em um segundo trabalho (LI *et al*., 2016b), 18 ETEs no país. Foi observado que o gasto energético na China é muito menor do que nos países desenvolvidos, como Japão, Holanda e Noruega. A explicação pode estar na qualidade inferior do efluente na China e na modernidade de suas ETEs, com maioria construída nos últimos 10 anos, com tecnologia nova, enquanto que as plantas tradicionais foram construídas há 30 anos nos países desenvolvidos. O tratamento secundário consumiu cerca de 60% do total de energia, seguido pelo pré-tratamento, desinfecção e desfosforização e desaguamento de lodo. A tecnologia com menor consumo foi a oxidação anóxida-anaeróbia com filtro acoplado.

SINGH e KANSAL (2016) analisaram o consumo de energia nas ETEs de Deli, na Índia, onde os sistemas de tratamento usam o método de lodo ativado. Considerando apenas a energia do tratamento de esgoto, 65,5% foi elétrica e 27,8% foi associada aos materiais usados no processo. O consumo de energia foi influenciado pelos produtos químicos que, quando usados para desaguamento de lodo e desinfecção, representaram 28% do custo energético de operação.

CATARINO e HENRIQUES (2016) avaliaram 14 ETE diferentes em Portugal. As plantas com um tratamento biológico adicional, para remoção de nutrientes, apresentaram um consumo de 30 a 50% maior na aeração, bombeamento e processamento de sólidos, quando comparado ao sistema convencional de lodo ativado. A aeração consumiu 53% da energia e as etapas de desodorização do ar, equalização de fluxo e desaguamento de lodo também tiveram grande contribuição. O consumo com bombeamento foi de 12% e variou conforme a escala e a topografia e, algumas vezes, foi responsável por grande parte do consumo.

De acordo com GIKAS (2016), cerca de 20% da energia nas ETEs é consumida em processos auxiliares, como estações de bombeamento, iluminação e aquecimento, sendo 0,52kWh/m^3 a energia usada somente no tratamento. O perfil no consumo de eletricidade indica que 55% da energia é consumida na aeração, 10% na clarificação primária e 10% no processamento do biossólidos. O autor construiu uma ETE piloto, com um sistema de máxima remoção dos sólidos, antes do tratamento biológico, com uma etapa de desaguamento do lodo e geração de energia através da digestão anaeróbia ou gaseificação. A demanda por eletricidade no sistema proposto foi 85% do que no sistema convencional e a área requerida também foi bem menor. Segundo o autor, apenas otimizar os processos tradicionais não é suficiente, já que um esforço organizado na Suíça só conseguiu economizar 12% do consumo de energia.

Ao fim do tratamento de esgoto, ainda é preciso gastar energia com a disposição final do efluente, geralmente feita em rios e lagos. Na Austrália a disposição final gasta 0,02kWh/m^3 (WAKEEL *et al.*, 2016). O gerenciamento do lodo produzido nas ETEs também consome boa parte da energia. Nos Estados Unidos, cerca de 6,5 milhões de toneladas de lodo de esgoto são produzidos anualmente (SHEN *et al*., 2015). Na Europa, os países que mais produziram lodo em 2010 foram Alemanha, Reino Unido, Itália, França e Espanha, com 2, 1,64, 1,5, 1,3 e 1,28 milhões de toneladas. Para a União Europeia, estima-se uma quantidade total de lodo produzido de 13 milhões em 2020 (ZABANIOTOU e SAMOLADA, 2014). No Brasil, em 2010 foram produzidos entre 150 e 220 mil toneladas de lodo, com potencial para quadriplicar este valor, caso a coleta e o tratamento fosse ampliado no país (PEDROZA *et al*., 2010). Os dados estão em base seca.

Em média, 30% dos custos na ETE são atribuídos ao tratamento do lodo, que precisa ser estabilizado antes do descarte (SHEN *et al.* 2015). O tratamento do lodo, até a sua disposição final, pode consumir de 0,074 e 0,15kWh/m^3 devido as diferentes formas de gerenciamento. Se aplicado um tratamento aeróbio, o consumo é comparado ao sistema de aeração (LONGO *et al*, 2016). Já a biosecagem, é um processo que usa de calor produzido por micro-organismos (WINKLER *et al.*, 2013). Todavia, o lodo tem enorme potencial de gerar energia, podendo suprir não só o gasto energético de seu gerenciamento, como também transformar a ETE em uma unidade superavitária em energia (PRADEL *et al.*, 2016).

Com todos esses gastos de energia o método de tratamento de esgoto com um sistema híbrido, está ganhando atenção nos últimos anos (VYMAZAL, 2005). O sistema pode ser uma combinação de vários processos e unidades operacionais, a fim de melhorar a qualidade do efluente de águas residuais (TEE *et al.* 2016), com vantagens energéticas, (ABDULLAH *et al*., 2011). No Brasil, o volume anual de esgoto tratado é de 2,6 bilhões de metros cúbicos (81% do esgoto coletado na rede), consumindo 802 milhões de kWh/ano, ou 0,24kWh/m^3 (SNIS, 2016).

3.2. Potencial de Geração de Energia nas ETEs

Estima-se que o esgoto doméstico tenha 10 vezes mais energia, do que o requerido para o seu tratamento (SHEN *et al.*, 2015, GUDE, 2015), constituída pelas formas química, térmica e

hidráulica. Considerando uma DQO de 500mg/L, a energia química do esgoto é estimada em 1,8kWh/m^3 (VARBANOV *et al*., 2015). Apesar do alto conteúdo energético, devido às restrições termodinâmicas e tecnológicas, apenas uma parte desta energia é recuperada (GIKAS, 2016) e alguns desafios ainda precisam ser vencidos para que se possa recuperar toda esta energia de forma economicamente viável (SHEN *et al*, 2015).

O biogás produzido pela digestão anaeróbia do lodo pode fornecer entre 39% e 76% do total de energia consumida na ETE (SILVESTRE *et al*., 2015). Só nos Estados Unidos, entre 628 e 4940 milhões de kWh podem ser economizados anualmente pela digestão anaeróbica do lodo de esgoto (WAKEEL *et al.*, 2016). Na Europa, em 2014, a energia primária produzida a partir do biogás de lodos de esgoto foi de 4,97x 10^{13}kJ/ano e na Espanha, a estimativa foi de 5,94x10^{12}kJ/ano (SILVESTRE *et al.*, 2015). Em um estudo feito por SINGH e KANSAL (2016), a recuperação do biogás nas ETEs reduziu o consumo de energia em 33%, ou 0,10kWh/m^3. Outras pesquisas também indicam que a digestão anaeróbia pode gerar 0,1kWh/m^3 (WANG *et al.*, 2016).

SANTOS *et al.* (2016b) estudaram a viabilidade econômica para a geração de energia elétrica, a partir de biogás obtido em ETEs brasileiras. Uma análise técnica de viabilidade demonstra é possível ter uma viabilidade econômica para a recuperação de energia em ETE em escala de 100 mil habitantes e até mesmo menores. Foi avaliado em um estudo técnico publicado pelo Ministério das Cidades, entre 5 opções de tratamento, o sistema reator anaeróbio UASB seguido por tratamento aeróbio, com produção de energia através do biogás, como a mais viável, podendo reduzir a demanda externa de energia em 99%. O sistema apresentou taxa de retorno de 20%, bem acima dos 8,7% correspondente a taxa de empréstimo do BNDES (PROBIOGAS, 2016). Vários trabalhos na literatura comprovam o potencial de produção de energia através do tratamento de esgoto, com reduções significativas no consumo externo, inclusive com retorno dos investimentos comprovados, podendo-se citar os trabalhos de VARBANOV *et al.* (2015), GIKAS (2016) e WANG *et al.* (2016). No entanto, para que esse potencial energético seja traduzido em realidade, o Brasil precisa fomentar o setor com políticas de incentivo, dando o start para o desenvolvimento do mercado.

4. DISCUSSÃO

A Tabela 1 traz uma compilação do consumo de energia no setor de esgoto, sendo a etapa de tratamento disposta separadamente na Tabela 2. A Tabela 3 mostra o consumo dentro das etapas de tratamento.

Tabela 1. Consumo de energia por processo do Sistema de Esgotamento Sanitário

Etapa do Processo	País	Consumo (kWh/m^3)	Descrição	Referência
Coleta de esgoto	Califórnia	0,003-0,04	-	BODÍK; KUBASKÁ, 2013
	Canadá	0,02-0,1	-	
	Hungria	0,045- 014	-	
	Austrália	0,1-0,37	-	
	EUA	0,04	-	
	Nova Zelândia	0,04- 0,19	-	
	Índia	0,07 – 0,11	-	SINGH; KANSAL, 2016

Etapa do Processo	País	Consumo (kWh/m³)	Descrição	Referência
	Média mundial	0,022 - 0,042	-	LONGO *et al*, 2016
Gerenciamento de lodo	Média mundial	0,074 - 0,15	-	
Disposição final do efluente e reuso	Austrália	0,02	Disposição final	WAKEEL *et al*, 2016
	Média mundial	0,18 - 0,63	Reuso	
	Israel	0,72		
	Singapura	0,93		
	Austrália	2,5 - 4,5	Reuso em zona dispersa	

Pode-se perceber a grande variedade de informações, com consumos desde 0,079 até 1,122kWh/m^3. Isso porque nem todas as ETEs apresentam os mesmos níveis de tratamento, padrão de qualidade para o efluente, tecnologia utilizada nos processos, experiência dos funcionários entre outros. A tecnologia mundialmente difundida é o sistema de lodo ativado e, quando não especificado pelos autores, subentende-se que este seja o processo adotado. A maior parte dos indicadores de eficiência energética é referente ao consumo de energia pelo volume de esgoto tratado (kWh/m^3), embora também sejam encontrados indicadores que relacionam consumo com população equivalente atendida, DQO removida do esgoto e outros. Países desenvolvidos, com padrões de qualidade mais rigorosos e com limitação de área, podem usar sistemas mais eficientes e de menor área construída, ainda que paguem o preço do maior consumo de energia. De outro modo, países em desenvolvimento podem recorrer a técnicas menos eficientes e com maior demanda de área, para economizar energia. Nos diferentes níveis de tratamento, observam-se consumos distintos de energia, no entanto, existe um comportamento típico: baixo consumo nos tratamentos preliminares e primário e maiores consumos nos tratamentos secundários e terciários.

No Brasil, devido ao clima relativamente quente durante o ano inteiro, os tratamentos anaeróbios são possíveis, o que pode explicar o menor consumo de energia se comparado à média mundial. Pelo contrário, o sistema é um forte candidato para gerar energia, através do biogás produzido. No país, está em andamento o projeto PROBIOGÁS, uma cooperação entre o Governo brasileiro e o Governo alemão, com o objetivo de ampliar o aproveitamento do biogás no Brasil (BRASIL, 2010). Hoje, a maioria do biogás produzido nas ETEs é simplesmente queimado, sem nenhum aproveitamento energético. A recuperação de energia com o lodo produzido no tratamento também é importante, ainda mais ao notar o grande consumo de energia no gerenciamento de lodo. Para o bombeamento de esgoto, o consumo tende a ser menor nos países em desenvolvimento, onde é comum o esgotamento em canais abertos, mais baratos do que a rede subterrânea, porém com prejuízos para a estética da cidade e riscos à saúde.

Tabela 2. Consumo de energia no tratamento de esgoto

Local	Capacidade	Processo	Consumo (kWh/m³)	Referência
Média mundial			0,38 - 1,122	WAKEEL *et al*, 2016
Espanha		Lodo ativado convencional	0,5	ORTIZ; RALUY; SERRA, 2015
Espanha		Lodo ativado com filtração	1,2	
Espanha		Reatores de membranas biológica imersa	0,8	

Local	Capacidade	Processo	Consumo (kWh/m³)	Referência
Espanha		Reatores de membranas externas	1,0	
Média Mundial		Lodo ativado convencional	0,3 - 0,65	GIKAS, 2016
Média mundial	2.000PE		3,01Wh/kg DQO	LONGO *et al*, 2016
Média mundial	100.000PE		0,69kWh/kg DQO	
África do Sul		Lagoas de estabilização	0,079 - 0,28	WANG *et al*, 2016
África do Sul		Filtro de espessamento	0,19 - 0,41	
África do Sul		Lodo ativado	0,33 - 0,61	
África do Sul		Vala de aeração	0,48 - 1,03	
Índia			0,19	SINGH; KANSAL, 2016
Índia		Lodo ativado convencional	0,26	
Coréia do Sul			0,243	KANG; CHAE, 2013
Alemanha			0,95kWh/kg DQO	LONGO *et al*, 2016
Alemanha			0,4 - 0,43	WANG *et al*, 2016
China			0,12 - 0,38kWh/t	LI; LI; QIU, 2016b
China		Anóxido-anaeróbio-óxido	0,254 - 0,31	WANG *et al*, 2016
China	$2x10^6 m^3$/dia	Anóxido-anaeróbio-óxido	0,13	
China		Membrana	0,6	LI *et al*, 2016a
China		anóxido-anaeróbio-óxido	0,45	
China		Filtro Húmico	0,25	
China		Vala de aeração ou sistema anóxido-óxido ou infiltração rápida	0,4 - 0,5	
China	$45m^3$/dia	Biofiltro humus	0,15	WANG *et al*, 2016
Grécia	$380m^3$/dia	Método de Gikas	0,087	GIKAS, 2016
Brasil			0,24	SNIS, 2016
Brasil		Sistema de lodo ativado convencional	0,57	VIEIRA; GHISI, 2016
Canadá			1,65kWh/kg DQO	LONGO *et al*, 2016
França			3,33kWh/kg DQO	
Espanha			0,97kWh/kg DQO	
Itália			0,85kWh/kg DQO	
Estados Unidos			1,31kWh/kg DQO	
Estados Unidos	$1,5x10^4$ - $10^6 m^3$/dia		0,52 - 0,55	WANG *et al*, 2016
Estados Unidos		Com desinfecção por cloro	0,287	
Estados Unidos		Com desinfecção por UV	1,12	
Egito, Espanha e França		Leito de fluxo vertical	0,45kJ PE/dia	RISCH *et al*, 2014
		Lodos ativados	464kJ PE/dia	
		Lodos ativados + lagoa de polimento	668kJ PE/dia	

Quase todos os autores estudados relatam os benefícios da escala para a redução do consumo de energia nas ETEs, ainda que estações de pequeno porte também possam ter boa eficiência e baixo consumo. Somado a economia energética, maiores escalas ainda viabilizam a

recuperação de energia nas estações, através de equipamentos mais caros e complexos, como gaseificadores e células de combustível. Dentre os enormes potenciais de recuperação da energia contida no esgoto, que contém energia térmica na forma de calor, as bombas de calor ainda são caras e o sistema é mais utilizado para aproveitar a energia térmica de esgoto industrial. Quando a temperatura do esgoto é significantemente diferente da temperatura ambiente, ou de outras correntes na estação de tratamento, existe o potencial de transferência de calor. Uma bomba de calor é um dispositivo que utiliza um fluido refrigerante, para recuperar calor de uma fonte relativamente baixa, tal como o esgoto sanitário, e transferi-lo para um meio com temperatura mais elevada, através de uma fonte externa de energia. De forma resumida, o fluido refrigerante, em baixa temperatura e pressão, é vaporizado através do uso de uma fonte externa de calor, dentro de um sistema de trocador de calor. Depois, o fluido refrigerante é comprimido, e atinge altas pressões e temperaturas. Então, este fluido é submetido em outro trocador de calor, fornecendo sua energia para outro sistema, que poderá ser usada para vários fins. O restante de pressão do fluido refrigerante é liberado em uma válvula de expansão, e o ciclo está completo (METCALF & EDDY, 2016). Com as restrições crescentes sobre a disposição do lodo em aterros (já proibido em alguns países da Europa) e na agricultura, a recuperação da energia química do lodo, através da digestão anaeróbia e gaseificação, tem se mostrado cada vez mais promissora. Várias ETEs já estão operando de forma superavitária em energia e os dados comprovam que tornar uma ETE autossustentável em energia é economicamente viável. Apesar dos altos investimentos, existe retorno no negócio. Além da economia direta com energia, a redução do consumo de eletricidade evita a demanda de pico, que normalmente possui uma sobretaxa no preço da energia.

Tabela 3. Consumo de energia por nível do tratamento de esgoto

Local	Tratamento	Processo	Consumo (kWh/m³)	Referência
Média mundial	Preliminar	Gradeamento	$2,9x10^{-5}$ - 0,013	LONGO *et al*, 2016
Média mundial	Preliminar	Tanques de decantação com raspadores mecânicos	$4,3x10^{-5}$ e $7,1x10^{-5}$	
China	Preliminar		0,002 - 0,076kWh/t	LI; LI; QIU, 2016b
Irlanda	Preliminar	Filtro aerado	50.01 kWh/dia	FITZSIMONS *et al*, 2016
Austrália	Primário		0,01 - 0,37	WAKEEL *et al*, 2016
Média mundial	Primário	Decantação	$4,3x10^{-5}$ - $7,1x10^{-5}$	LONGO *et al*, 2016
Média mundial	Secundário	Separação do lodo	0,0084 - 0,012	
Média mundial	Secundário	Circulação do lodo	0,047 - 0,01	
Média mundial	Secundário	Misturamento	0,053 - 0,12	
Média mundial	Secundário	Aeração	0,18 - 0,8	
China	Secundário	Bioquímico	0,008 e 0,229kWh/t	LI; LI; QIU, 2016b
Japão	Secundário		0,34	WAKEEL *et al*, 2016
Suécia	Secundário		0,42	
China	Secundário		0,29	
Estados Unidos	Secundário		0,2	
Austrália	Secundário		0,305	
Irlanda	Secundário	Lodos ativados	1.366,9 kWh/dia	FITZSIMONS *et al*, 2016
Irlanda	Secundário	Lodos ativados	450 kWh/dia	
Média mundial	Terciário		0,40 - 0,50	WAKEEL *et al*, 2016
China	Terciário		0,25	
Alemanha	Terciário		0,67	
Espanha	Terciário	Membrana	0,8	

Local	Tratamento	Processo	Consumo (kWh/m³)	Referência
Arábia Saudita	Terciário	Membrana	1,6	
China	Terciário		0,001 - 0,009kWh/t	LI; LI; QIU, 2016b
Média mundial	Terciário	Ultravioleta	0,045 - 0,11	LONGO *et al*, 2016
Média mundial	Terciário	Dosadores Cloro	0,009 - 0,015	
Média mundial	Terciário	Filtração	0,0074 - 0,0027	
Média mundial	Lodo	Centrifugação	0,018 - 0,027	
China	Lodo		0,001 - 0,0043kWh/t	LI; LI; QIU, 2016b

5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma revisão na literatura sobre o consumo de energia no setor de esgoto, objetivando um melhor entendimento para aprimorar o gerenciamento das ETEs, inclusive com a recuperação de energia. Poucos artigos publicaram dados brasileiros, indicando que o país ainda demanda de mais estudos no tema para melhorar seus processos. Aplicar tecnologias definidas por outros países pode não ser a melhor opção, já que as condições do clima, bem como a disponibilidade de recursos, diferem de forma expressiva entre as regiões. É preciso estar sempre em busca de tecnologia nacional, aliada ao desenvolvimento internacional. No tratamento de esgoto, a maioria dos estudos aponta o processo aeróbico como o maior consumidor de energia, sendo os esforços voltados para a otimização do sistema convencional, o que não está trazendo grandes conquistas. No Brasil, o cenário é completamente diferente, o potencial para produção de energia em sistemas anaeróbios é enorme, ainda mais se considerarmos o déficit de saneamento e a expansão esperada para o setor. É preciso melhorar o gerenciamento dos recursos e a política para o setor. Metas ambientais e estratégias de abastecimento de água são pobremente integradas com a energia, levando a um uso ineficiente e com consequências econômicas e ambientais. Políticas para estimular o uso racional da água e seu reuso, como fez o governo chinês e como estão fazendo agora, algumas cidades brasileiras que enfrentam escassez de água, por exemplo, ajudam a reduzir o consumo de energia, visto que grande parte da água usada se transforma em esgoto. Incentivos e investimentos no setor, para recuperar o potencial energético do esgoto, além de fomentar a autossuficiência energética das ETEs, colaborando para a produção de energia limpa e renovável no país, acarretarão em ganhos econômicos, que poderão impulsionar o crescimento do saneamento básico no país e ajudar a desafogar o sistema de saúde nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AZEREDO, L. Z. Potencial energético de uma estação de tratamento de esgoto sanitário dotada de um reator anaeróbio do tipo UASB, uma lagoa de alta taxa e um processo de separação e reciclagem da biomassa algácea**.** Vitória, 81p, 2016**.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo.

BALKEMA, Annelies J., PREISIG, Heinz A., OTTERPOHL, Ralf, LAMBERT, Fred J.D. Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems. Urban Water, v. 4, p. 153–161, 2002.

BODÍK, I., KUBASKÁ, M. Energy and sustainability of operation of a wastewater treatment plant. Environment Protection Engineering, v.39, p.15-24, 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização. Editora Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 5ª edição revisada, 2010, traduzido por Marcos de Miranda Zattar.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014, 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional, ano base 2014, 2015.

BUONOCORE, E.; MELLINO, S.; ANGELIS, G.; LIU, G.; ULGIATI, S. Life cycle assessment indicators of urban wastewater and sewage sludge treatment. Ecological Indicator, in press, 2016.

CATARINO, J.; HENRIQUES, J. Sustainable value e an energy efficiency indicator in wastewater treatment plants. Journal of Cleaner Production, in press, 2016.

FITZSIMONS, L., HORRIGAN, M., MCNAMARA, G., DOHERTY, E., PHELAN, T., CORCORAN, B., DELAURE, Y., CLIFFORD, Eoghan. Assessing the thermodynamic performance of Irish municipal wastewater treatment plants using exergy analysis: a potential benchmarking approach. Journal of Cleaner Production. v. 131, p. 387-398, 2016.

Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de Saneamento. Editora Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde, 4ª edição revisada, 2006.

GARRIDO, R. S., SENANTE, M. M., SANCHO, F. H. Comparing the efficiency of wastewater treatment technologies through a DEA metafrontier model. Chemical Engineering Journal. v.173, p. 766-772, 2011.

GIKAS, P. Towards energy positive wastewater treatment plants. Journal of Environmental Management, in press, 2016.

GUDE, V. G. Energy and water autarky of wastewater treatment and power generation systems. Renewable and sustainable energy reviews, v.45, p.52–68, 2015.

KANG, J.; CHAE, K. J. Estimating the energy independence of a municipal wastewater treatment plant incorporating green energy resources. Energy Conversion and Management, v. 75, p. 664-672, 2013.

LEMOS, D., DIAS, A. C., GABARRELL, X., ARROJA, L. Environmental assessment of an urban water system. Journal of Cleaner Production, v. 54, p.157- 165, 2013.

LI, F.; CHIRAMBA, T.; XU, J.; KELLER, A.; WANG, H.; DONG, Y.; GU, Y. Quantification of the water, energy and carbon footprints of wastewater treatment plants in China considering a water–energy nexus perspective. Ecological Indicators, v. 60, p. 402-409, 2016(a).

LI, W.; LI, L.; QIU, G. Energy consumption and economic cost of typical wastewater treatment systems in Shenzhen, China. Journal of Cleaner Production, in press, 2016(b).

LONGO, S.; D'ANTONI, B. M.; BONGARDS, M.; CHAPARRO, A.; CRONRATH, A.; FATONE, F.; LEMA, J. M.; IGLESIAS, M. M.; SOARES, A.; HOSPIDO, A. Monitoring and diagnosis of energy consumption in wastewater treatment plants. A state of the art and proposals for improvement. Applied Energy, v. 179, p. 1251-1268, 2016.

MAHGOUB, M. E. M.; STEEN, N. P.; ZEID, K. A.; VAIRAVAMOORTHY, K. Towards sustainability in urban water: a life cycle analysis of the urban water system of Alexandria City, Egypt. Journal of Cleaner Production, v. 18, p. 1100-1106, 2010.

MATOS, C., PEREIRA, S., AMORIM, E.V., BENTES, I., BRIGA-SÁ, A. Wastewater and greywater reuse on irrigation in centralized and decentralized systems- An integrated approach on water quality, energy consumption and CO_2 emissions. Science of the Total Environment, v.493, p. 463–471, 2014.

METCALF & EDDY. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. Editora AMGH, 5ª Edição, 2013. Tradução Ivanildo Hespanhol e Jose Calos Mierzwa, 2016.

MUGA, H. E., MIHELCIC, J. R. Sustainability of wastewater treatment technologies. Journal of Environmental Management, v.88, p. 437–447, 2008.

ORTIZ, M., RALUY, R.G., SERRA, L. Life cycle assessment of water treatment technologies: wastewater and water-reuse in a small town. Desalination, v. 204, p.121–131, 2007.

PANEPINTO, D., FIORE, S., ZAPPONE, M., GENON, G., MEUCCI, L. Evaluation of the energy efficiency of a large wastewater treatment plant in Italy. Applied Energy, v.161, p. 404–411, 2016.

PEDROZA, M. M.; VIEIRA, G. E. G.; SOUSA, J. F.; PICKLER, A. C.; LEAL, E. R. M.; MILHOMEN, C. C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 11, p. 89-118, 2010.

PRADEL, Marilys, AISSANI, Lynda, VILLOT, Jonathan, BAUDEZ, Jean-Christophe, LAFOREST, Valérie. From waste to added value product: towards a paradigm shift in life cycle assessment applied to wastewater sludge e a review. Journal of Cleaner Production. v. 131, p. 60-75, 2016.

PROBIOGAS - Projeto Brasil - Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil. Viabilidade técnico-econômica de produção de energia elétrica em ETEs a partir do biogás, Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/probiogas/publicacoes/publicacoes-do-probiogas>. Acessado em 19/11/2016.

RISCH, E.; GUTIERREZ, O.; ROUX, P.; BOUTIN, C.; COROMINAS, L. Life cycle assessment of urban wastewater systems: Quantifying the relative contribution of sewer systems. Water Research, v. 77, p. 35-48, 2015.

RISCH, Eva, LOUBET, Philippe, NÚÑEZ, Montserrat, ROUX, Philippe. How environmentally significant is water consumption during wastewater treatment?: Application of recent developments in LCA to WWT technologies used at 3 contrasted geographical locations. Water Research, v. 57, p. 20-30, 2014.

SANTOS, A. C.; PUCH, G. Z.; DIEZ, D. B.; DIÉGUEZ, C. G. Thermodynamic and exergoeconomic analysis of energy recovery system of biogas from a wastewater treatment plant and use in a Stirling engine. Renewable Energy, v. 88, p. 171-184, 2016a.

SANTOS, I. F. S.; BARROS, R. M.; FILHO, G. L. T. Electricity generation from biogas of anaerobic wastewater treatment plants in Brazil: an assessment of feasibility and potential. Journal of Cleaner Production, v. 126, p. 504-514, 2016b.

SHEN, Y.; LINVILLE, J. L.; DEMIRTAS, M. U.; MINTZ, M. M.; SNYDER, S. W. An overview of biogas production and utilization at full-scale wastewater treatment plants (WWTPs) in the United States: Challenges and opportunities towards energy-neutral WWTPs. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 50, p.346-362, 2015.

SILVESTRE, G., FERNÁNDEZ, B., BONMATÍ, A. Significance of anaerobic digestion as a source of clean energy in wastewater treatment plants. Energy Conversion and Management, v. 101, p. 255–262, 2015.

SINGH, P.; KANSAL, A. Energy and GHG accounting for wastewater infrastructure. Resources, Conservation and Recycling, in press, 2016.

SPERLING, M. V. Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal. Editora IWA, Biological Wastewater Treatment Series, volume 1, 2007.

TEE, Pei F., ABDULLAH, Mohammad O., TAN, Ivy A. W., RASHID, Nur K. A., AMIN, Mohamed A. M., HIPOLITO, Cirilo N., BUJANG, Kopli. Review on hybrid energy systems for wastewater treatment and bio-energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 54, p. 235-246, 2016.

TOJA, Yago L., ROWE, Ian V., AMORES, María J., RIFÉ, Montserrat T., NAVARRO Desirée M., MOREIRA, María T., FEIJOO, Gumersindo. Benchmarking wastewater treatment plants under an eco-efficiency perspective. *Science of the Total Environment*, v. 566–567 p. 468–479, 2016.

VARBANOV, P.; ENDERLE, P.; NOWAK, O. Ways to optimize the energy balance of municipal wastewater systems: lessons learned from Austrian applications. Journal of *Cleaner Production*, v. 88, p. 125-131, 2015.

VIEIRA, A. S.; GHISI, E. Water-energy nexus in low-income houses in Brazil: the influence of integrated on-site water and sewage management strategies on the energy consumption of water and sewerage services. *Journal of Cleaner Production*, v. 133, p. 145-162, 2016.

VILANOVA, Mateus R. N., BALESTIERI, José A. P. Exploring the water-energy nexus in Brazil: The electricity use for water supply. Energy, v. 85, p. 415-432, 2015(a).

VILANOVA, Mateus R. N., BALESTIERI, José A. P. Modeling of hydraulic and energy efficiency indicators for water supply systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 48, p. 540-557, 2015(b).

VYMAZAL, J. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. *Ecology Engineer*. v. 25(5), p. 478–90, 2005.

WAKEEL, M.; CHEN, B.; HAYAT, T.; ALSAEDI, A.; AHMAD, B. Energy consumption for water use cycles in different countries: A review. *Applied Energy*, v. 178, p. 868-885, 2016.

WANG, H.; YANG, Y.; KELLER, A. A.; LI, X.; FENG, S.; DONG, Y.; LI, F. Comparative analysis of energy intensity and carbon emissions in wastewater treatment in USA, Germany, China and South Africa. *Applied Energy*, in press, 2016.

WINKLER, M.K., BENNENBROEK, M.H., HORSTINK, F.H., VAN LOOSDRECHT, M.C.M., van de Pol, G.-J. The biodrying concept: an innovative technology creating energy. *Bioresource Technology*, v. 147, p. 124-129, 2013.

ZABANIOTOU, A. A.; SAMOLADA, M. C. Comparative assessment of municipal sewage sludge incineration, gasification and pyrolysis for a sustainable sludge-to-energy management in Greece. *Waste Management*, v. 34, p. 411-420, 2014.

376. MICROGENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE CUENCAS HÍDRICAS EN EL VALLE DE ABURRÁ

CADAVID, Marcela* (marcela.cadavido@upb.edu.co); GONZÁLEZ, Alexander (Alexander.gonzalez@upb.edu.co)
GAUP – Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín (UPB), Colombia

RESUMEN
La energía eléctrica es necesaria en el modelo de desarrollo mundial, por brindar un servicio básico para las personas y la industria, además de tener relación directa con factores de la calidad de vida de los seres humanos. De la misma manera, la preocupación por el cambio climático y sus consecuencias, requieren de soluciones energéticas sostenibles, en diversos campos de la economía y la gestión social. Por esta razón, es necesario recurrir a la implementación de sistemas de producción de energías renovables, con menor nivel de impacto ambiental. La energía hidráulica producida a partir del movimiento del agua, es una de las más utilizadas en lugares donde el recurso hídrico es de fácil acceso. En Colombia existe un alto potencial de generación de energía a partir de este recurso, gracias a la riqueza en afluentes hídricos, por la topografía del territorio. En este escenario, la ciudad de Medellín, localizada en el Valle de Aburrá, tiene una disponibilidad de más de 100 quebradas afluentes sobre el río principal del valle, que tienen un alto potencial de microgeneración eléctrica. Como respuesta a esto, se proyecta en este trabajo el desarrollo de microgeneración de energía con potencias hasta 10 Megavatios, a partir del aprovechamiento de pequeños afluentes de agua, con un caudal regular, generando energía con la instalación de turbinas. Para alcanzar este objetivo, es necesario hacer una intervención puntual en las cuencas, instalar turbinas y una micro central con capacidades a partir de 1,5 mega vatios, supliendo así, necesidades energéticas básicas como el alumbrado público. De acuerdo a la intervención planteada anteriormente, se daría la posibilidad de crear parques lineales alimentados por la energía producida en el sitio, con un uso racional de este recurso y generando una solución sostenible para el manejo y mejora de sus cuencas hídricas.
Palabras-clave: Micro generación hidráulica, energía renovable, rehabilitación de cuencas, alumbrado público, turbinas de generación energética.

ENERGY MICROGENERATION FROM WATER BASINS IN ABURRA VALLEY

ABSTRACT
The electric energy is required in the model of development world, by providing a service Basic for them people and it industry, besides have relationship direct with factors of the quality of life of humans. In the same way, the concern by the change climate and their consequences, require of solutions energy sustainable in different fields, from the economy and the management social. By this reason, is necessary to resort to the implementation of systems of production of energies renewable, with emphasis in a lower level of impact environmental. The power hydraulic produced starting from the movement of the water, is an of the more used in places where the resource water is of easy access. In Colombia, there is a high potential for energy generation from this resource, thanks to the richness in water tributaries by the topography of the territory. In this scenario, the city of Medellín, located in the Valley of Aburrá, has an availability of more than 100 tributaries creeks on the main river of the Valley, which have a high potential for electrical Microgeneration. As

response to this, is projected in this work the development of Microgeneration of energy with powers to 10 megawatts, starting from the use of small tributaries of water, with a flow regular, generating power with the installation of turbines. To reach this objective, is necessary make an intervention punctual in the basins, install turbines and a micro central with capabilities starting from 1.5 mega Watts, supplementing so, needs energy basic as the lighting public. According to the intervention raised previously, would be the possibility of creating linear parks, fed by the energy produced on site, with a rational use of this resource, and generating a sustainable solution for the management and improvement of its watershed.

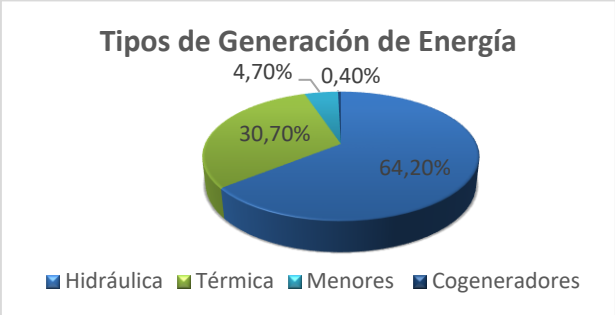
Keywords: Micro hydroelectric generation, renewable energy, rehabilitation of basins, lighting pub

1. INTRODUCCIÓN

La energía es uno de los principales aspectos que proponen un impacto en el desarrollo a nivel mundial, por brindar un servicio básico para las personas y la industria, y porque tiene relación directa con algunos factores de la calidad de vida de los seres humanos. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) afirma que "*El tema energético está estrechamente relacionado con los desafíos globales a los que el mundo se enfrenta hoy, como el avance en materia social, la reducción de la pobreza, la degradación medioambiental, el cambio climático y la seguridad alimentaria, por lo que constituye una cuestión clave de nuestros tiempos."* Como resultado de la crisis ecológica de las últimas décadas, nace la preocupación por encontrar alternativas que minimicen el impacto ambiental y contribuyan con el desarrollo sostenible de las ciudades, en torno a la energía renovable. Las **energías renovables** definidas por la Real Academia Española (RAE) como "*energía cuyas fuentes se presentan en la naturaleza de modo continuo y prácticamente inagotable"* Siendo estás las que menor impacto generan a nivel ambiental.

En Colombia la producción de energía se da en más de un 60% por generación hidráulica, siendo plantas térmicas que funcionan con carbón, gas o combustible líquido, las que producen el porcentaje restante. A causa del cambio climático y las sequias que impiden el funcionamiento óptimo de las hidroeléctricas, la producción energética se realiza principalmente con las termoeléctricas; dichos procesos son 5 veces más costosos, además, de ser un proceso que emite contaminantes a la atmosfera que perjudican la capa de ozono y alejándose del entorno sostenible. "Se estima que el país dispone de un potencial para proyectos de generación hidroeléctrica superior a los 93.000 MW" (Unidad de Planeación Minero Energética – UPME).

Figura 1. Porcentaje aporte de generación energética por recurso.



Adaptado de: Línea base de Política Pública de Construcción Sostenible.

El estado como respuesta con la situación planteada anteriormente establece la **ley 17-15 de 2014** que *"tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante*

su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético."

Para este proceso, se plantea el aprovechamiento del potencial natural que pueden tener los recursos renovables, como la velocidad del viento, el movimiento del agua, la radiación solar, por medio de molinos eólicos, paneles fotovoltaicos y turbinas a pequeña escala, siendo sistemas de bajo impacto ambiental, y que no requieren de gran infraestructura o intervención en la zona de producción.

Dentro de las fuentes no convencionales planteadas, se tiene en cuenta la micro generación de energía, por medio de plantas generadoras a pequeña escala, con el fin de satisfacer las necesidades básicas en un sector acotado, que puede abarcar la micro red.

En esta investigación se plantea la generación de energía a pequeña escala por medio de la utilización del agua obtenida de cuencas hidrográficas, como ríos y quebradas, que se encuentran en el Valle de Aburrá, teniendo en cuenta que, el rio Medellín - Aburrá, tiene una oferta de más de 1600 millones de metros cúbicos por año entre agua superficial y subterránea. (AMVA & UPB, 2015)

2. OBJETIVO GENERAL

Determinar la viabilidad de utilizar sistemas de pequeñas turbinas generadoras en ríos y quebradas, para abastecer una parte del consumo energético de la ciudad de Medellín.

3. METODOLOGÍA

La línea de investigación en hábitat sostenible, adscrita al Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje (GAUP) de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) realizó un estudio acerca de las quebradas de Medellín con el fin de proponer un método degeneración de energía renovable y sostenible, a partir de la instalación de turbinas en algunas de las cuencas hidrográficas del valle de Aburrá.

El desarrollo de este ejercicio contempla 3 etapas:

1. Estudio y análisis de las quebradas del valle de Aburrá, teniendo en cuenta diferentes factores como: caudales, fuerza, velocidad del agua, estado ambiental de las quebradas, cercanía a zonas urbanas, entre otros que permitan seleccionar las más viables para el ejercicio de investigación, con datos ofrecidos por la "Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del río Aburrá en jurisdicción del área – Fase III", que contiene datos de caudales de las quebradas de Medellín en diferentes épocas del año. Destacando cuales pueden generar mayor cantidad de energía, según sus condiciones de caudal y sus variaciones en el tiempo.
2. Seleccionar las turbinas que podrían implementarse para la generación de energía en las cuencas seleccionadas, con las bases de datos de los proveedores actuales de turbinas, tales como Mavel, Albach GmbH & Co. KG, GLOBAL HYDRO ENERGY GmbH, Hydrowatt entre otras, que correspondan a las condiciones de cada cuerpo de agua, teniendo en cuenta los requerimientos de caída del agua, dimensiones de la máquina, caudal requerido, y el potencial de generación.
3. Teniendo seleccionadas las cuencas hidrográficas y las turbinas se hace un estudio teórico, con datos numéricos, estadísticas e hipótesis con el fin de cuantificar el impacto que se puede alcanzar si se utiliza un sistema de micro generación de energía, simultáneamente dimensionando el porcentaje de energía que puede aportar este sistema en cada sector propuesto.

4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Quebradas:

4.1.1 Caudales:

Las quebradas se pueden clasificar, según el caudal mínimo y máximo, de la siguiente manera:

Tabla 1. Quebradas con potencial hidroeléctrico

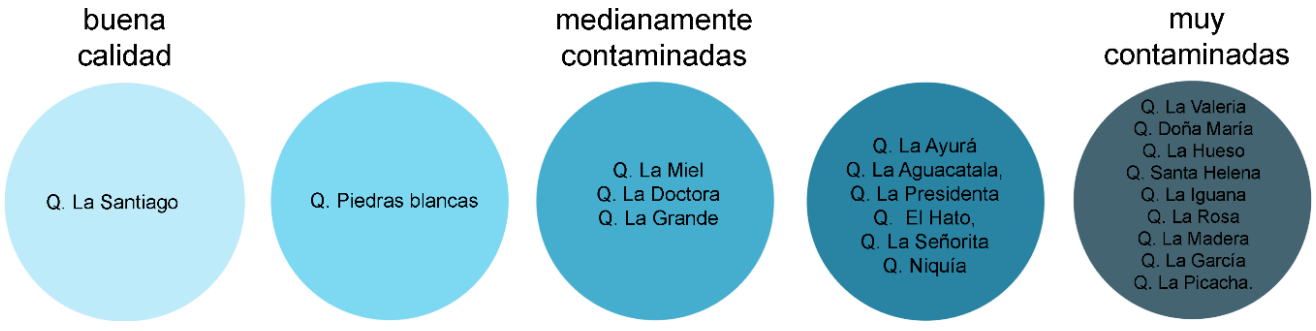
	ESTACION	CAUDAL MÍNIMO m3/s	CAUDAL MÁXIMO m3/s
1	Q. La Miel	0.288	2.48
2	Q. La Valeria	0.054	0.889
3	Q. La Ayura	0.319	5.448
4	Q. Doña María	0.052	6.315
5	Q. La Picacha	0.079	0.313
6	Q. La Hueso	0.115	1.222
7	Q. Santa Helena	0.399	3.219
8	Q. La Rosa	0.102	0.597
9	Q. La Seca	0.285	0.454
10	Q. Piedras Blancas	0.226	7.022
11	Q. La Niquía	0.019	0.026
12	Q. La Señorita	0.041	0.222
13	Q. El Hato	0.205	1.318
14	Q. La García	0.666	4.967
15	San Miguel	0.176	2.641
16	Q. La Iguana	0.345	5.574
17	Q. la presidenta	0.034	0.265
18	La Grande	0.118	0.348
19	la madera	0.129	1.009
20	la doctora	0.108	0.374
21	la aguacatala	0.024	0.062

Adaptado de: Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del río Aburrá en jurisdicción del área – Fase III.

4.1.2 Estado ambiental:

De acuerdo con el nivel de contaminación de los ríos, la Red de Monitoreo Ambiental en el año 2011, genera cuatro categorías de clasificación:

Figura 3. Clasificación de las quebradas según su contaminación.

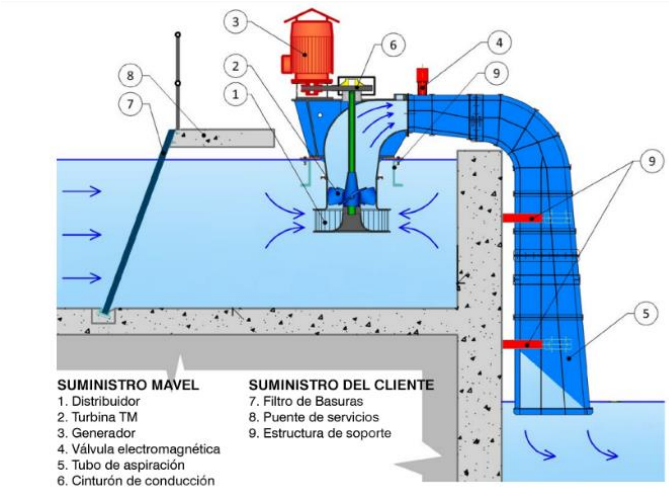


Con lo anterior podemos deducir que la mayoría de quebradas están contaminadas, por lo cual, si se implementa el sistema en una de estas cuencas, se debe tener en cuenta el factor de la contaminación y el tratamiento del agua para su uso en la turbina.

4.2 Turbina

Debido a las condiciones topográficas y de caudal bajo, se pensó inicialmente implementar un sistema de turbina a filo de agua, el cual fue descartado ya que requiere una intervención compleja para la instalación de su infraestructura, por esta razón se pensó en buscar una turbina que se implemente en lugares de bajo caudal pero no necesite una intervención de gran impacto en el sitio. La turbina seleccionada es la TM modular Micro fabricada por Mavel, "*diseñada para los sitios con bajo flujo y condiciones de poca cabeza. De fácil instalación, la Turbina TM utiliza un sifón tecnología para capturar la energía del agua que utiliza un corredor de tipo Kaplan con cuatro cuchillas ajustables manualmente. El corredor está conectado a un generador asíncrono directamente o mediante un accionamiento por correa.*" (Turbinas Mavel).

Figura 4. Esquema sistema de funcionamiento de la turbina y sus partes.



Tomado de: TM modular micro turbine (http://www.mavel.cz/wp-content/uploads/2016/05/TMBrochure_2016_electronic.pdf)

El sistema está compuesto por turbina, generador, tubo de aspiración, sistemas eléctricos y de control y representa una buena opción, puesto que no requiere cuarto de máquinas, lo que permite que sea de fácil instalación.

Especificaciones:

- Diámetro de rodete: 300 mm a 1.000 mm.
- Salto: 1,5 a 6 metros.
- Caudal: 0,15 a 4,5 m^3/s.
- Potencia: 3 a 160 kWh

Para su funcionamiento sería necesario crear un pequeño **represamiento** que, de la altura suficiente para la instalación de la turbina, buscando una mayor altura que permita un mejor funcionamiento de la máquina. Se debe hacer el soporte de la turbina, ya que esta no requiere de cuarto de máquinas así que todo el sistema se encontrara ubicado sobre la quebrada.

Además, por el tema de contaminación mencionado anteriormente y para una mayor durabilidad del sistema de micro generación, se debe hacer un **filtro** de limpieza del agua previo a la llegada de esta a la turbina, evitando así que hojas, ramas y residuos dañen el sistema de micro generación. Se debe tener en cuenta la construcción de un puente de servicio que de acceso para la manipulación de la maquina en caso de reparación y mantenimiento.
Este sistema trae consigo varios beneficios además de producir energía, ya que no requiere una gran intervención en la cuenca y su entorno, siendo un sistema sostenible tanto en su instalación como en su vida útil.

4.3 Sistema de Microgeneración:

Se propone trabajar con dos quebradas: la Ayurá y la Iguana. El criterio de selección de estas es el caudal que es suficiente para producir energía, y que su caudal mínimo no afecta la generación en el sistema de la micro turbina.
La Ayurá: quebrada ubicada en el municipio de Envigado.

Figura 5. Ubicación para la intervención



Tomado de: Map GIS.

Figura 6. Fotografía Quebrada la Ayurá



Tomado de: Google Maps

La Iguana: quebrada ubicada en el municipio de Medellín.

Figura 7. Ubicación para la intervención.



Tomado de: Map GIS

Figura 8. Fotografía Quebrada la Iguana



Tomado de: Google Maps

Estas se seleccionan debido a su potencial de acuerdo a sus corredores y caudales, los puntos elegidos para la implementación se encuentran cerca de espacios públicos ya establecidos, que pueden aprovechar la generación de energía para la iluminación pública, siendo en la quebrada La Ayurá un parque y en el caso de la quebrada La Iguana las placas deportivas del Instituto de deportes y recreación de Medellín (INDER).

4.4 Capacidad de Producción y Forma de uso

De acuerdo a los caudales máximos y mínimos de cada rio se hizo una media para determinar cuál es el potencial promedio de cada una de las quebradas dando los siguientes datos:

Tabla 2. Caudales mínimo, máximo y medio de las quebradas seleccionadas.

Quebradas	Q. Mínimo m^3/s	Q. Máximo m^3/s	Q. Medio m^3/s
La Ayurá	0,31	5,44	2,88
La Iguana	0,34	5,57	2,96

Con la cifra del caudal medio se hizo una relación con las especificaciones de la turbina entregadas por el proveedor, y se realizó la tabla 3 con los datos que muestran cual es la producción aproximada de kWh.

Tabla 3. Relación caudal medio y producción energética de las cuencas

Datos	Especificaciones de la turbina		Datos de las quebradas	
			La Ayurá	La Iguana
Caudal m3/s	0,15	4,5	2,88	2,96
Producción kWh	3	160	80 aprox.	80 aprox.

Partiendo de estos datos, se estableció una relación con el sistema de iluminación pública, suponiendo que el sistema produce 80 kWh y que se implementara la utilización de bombillos LED de diferentes especificaciones para comprender cuál es la capacidad del sistema de microgeneración, esto puede observarse en la tabla 4.

Tabla 4. Número de luminarias LED proporcional a la producción de kW.

100 kWh = 100000 Wh	80 kWh = 80000 Wh		
consumo en Wh (bombillos LED)	120	180	240
cantidad de luminarias (unidades)	667	444	333

Esto significa que, si se generan 80 kWh se podrían abastecer entre 667 y 333 luminarias LED, con que se estaría dando cobertura a las zonas donde se propone implementar la generación de energía, para iluminación pública, a partir de estas turbinas.
Como ejercicio paralelo, se realizó el cálculo de la cantidad de viviendas a las que se les podría suministrar energía generada en el sistema, teniendo en cuenta que “Una persona consume en promedio 38 kWh mes (kilovatios hora mes). Es decir que, para una familia de cuatro personas, el promedio de consumo mensual debe ser 152 kWh mes de energía” (EPM, 2012). Y tomando como las horas de consumo entre las 6 pm y 6 am, en total 12 horas.

Tabla 5. Consumo eléctrico en kW en una vivienda por tiempo.

Tiempo		Consumo
Mes	360 horas	152 kWh
Día	12 horas	5,26 kWh
Hora	1 hora	0,44 kWh

De acuerdo a la tabla 5, se podría establecer que, si una vivienda promedio requiere 0,44 kWh para suplir sus necesidades, con una turbina que produzca 80 kWh se podría abastecer alrededor de 180 viviendas del servicio de energía.

5. CONCLUSIONES

Se puede generar energía de bajo costo y bajo impacto ambiental, por medio de pequeñas intervenciones, frente a sistemas masivos y convencionales de energía urbana, aspecto que puede orientarse al desarrollo de barrios auto-sostenibles energéticamente.
Es pertinente y viable la implementación de sistemas sostenibles de microgeneración de energía en los diseños urbanos, con el fin de optimizar la gestión del recurso de forma limpia y eficiente.

Aunque en el mundo, las grandes organizaciones están fomentando la implementación de sistemas ecológicos de producción de energía, y en Colombia, se comienzan a dar avances en el tema, se hace necesario la formulación de normas y estímulos, que promuevan y regulen con mayor claridad el desarrollo sostenible, principalmente en incentivos para la microgeneración en sitio.
La divulgación de los proyectos que se desarrollen bajo la ley 17-15 de 2014 y los beneficios obtenidos, puede incentivar el uso de sistemas alternativos para la producción energética, a través de proyectos pilotos que pueden desarrollarse por alianzas público privadas.
La producción de energía por medio de sistemas de microgeneración puede resultar una alternativa viable para solucionar problemas energéticos en poblaciones concentradas cerca a afluentes, que carecen de cobertura del servicio o lo hacen de manera ilegal.
Se puede generar una red de abastecimiento energético, si se replica este sistema en diferentes quebradas, como alternativa para las épocas de sequía, puesto que se puede utilizar en zonas de bajo caudal, con un impacto ambiental mucho menor a los sistemas termoeléctricos.

BIBLIOGRÁFICAS

AMVA & UPB. Linea Base 1. Factores físicos y bióticos determinantes del lugar. Política Pública de Construcción Sostenible. Primera edicion , p. 17, 2015.

Congreso de Colombia. Ley de generación y microgeneración 1715 de 2014. Capítulo 1, Articulo 1, p. 1, 2014.

Empresas Públicas de Medellín. Uso inteligente de la energía eléctrica, Banco de recomendaciones. p. 2, 2012.

LEIVA. E. Energía rural renovable: “Alternativa de abastecimiento en sectores aislados de Magallanes”. Chile, p. 5, 2009. Trabajo de titulación - Universidad de Magallanes.

Mavel. Turbinas Mavel. Sitio web: http://www.mavel.cz/turbines, 2015.

Ministerio de minas y energía. Energía Eléctrica, Memorias al congreso de la república. Colombia, 2013.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI. Desarrollo de la energía para satisfacer las necesidades del desarrollo, 2002. Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Red Río Aburrá - Medellín. RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRÁ EN JURISDICCION DEL AREA METROPOLITANA -FASE III. p. 39 – 62, 2011.

VILLARRUEL, J. Plan Indicativo de Expansión y de Cobertura del Servicio de Energía Eléctrica. Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. Colombia, p. 98, 2003.

383. MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA PROJETOS RESIDENCIAIS

DIAS, Natália Araújo[1](nataliaufes@gmail.com); LAGO, Jardel[1] (jardellago@gmail.com); FELIPE, Ednilson[1] (ednilsonfelipe.ufes@gmail.com)*
[1]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
A crise hídrica instalada às vésperas de 2015, principalmente na região Sudeste, refletiu em reajustes de tarifas sobre a energia elétrica em todo o país, como forma de compensar as perdas do setor energético e distribuir os custos de ativação de usinas termelétricas. A dependência nacional da fonte hidráulica somada à crescente demanda por eletricidade, destaca a utilização de outras fontes renováveis como alternativa energética promissora. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo identificar a eficácia dos incentivos à micro e mini geração a partir do estudo da viabilidade econômica e financeira de um sistema residencial de geração fotovoltaica. Foi identificado que na região Sudeste o consumo residencial predominante é de até 200 kWh/mês e então o sistema proposto foi 1,5 kW de potência instalada e dimensionado de acordo com o preconizado pelas Resoluções Normativas da ANEEL. A irradiação solar local foi obtida por meio do software SunData. Para avaliação econômica foram utilizados os indicadores Valor Presente Líquido e *Payback*. O investimento, apesar de ter apresentado um VPL positivo, apresentou-se inviável economicamente pois o retorno financeiro se dará a partir do 23º ano de investimento. Barreiras regulatórias, tecnológicas e de viabilidade econômica-financeira ainda impedem a efetiva difusão social dos sistemas fotovoltaicos de microgeração.
Palavras-chave: microgeração, energia renovável, energia fotovoltaica, suficiência energética, viabilidade econômica.

DISTRIBUTED MICROGENERATION: ANALYSIS OF ECONOMIC AND FINANCIAL VIABILITY FOR RESIDENTIAL PROJECTS

ABSTRACT
The water crisis installed on the eve of 2015, mainly in the Southeast region, reflected tariff readjustments on electricity throughout the country, as a way to compensate the losses of the energy sector and to distribute the costs of activation of thermoelectric plants. National dependence on hydroelectric power added to the growing demand for electricity highlights the use of other renewable sources as a promising energy alternative. In this sense, the objective of this work was to identify the effectiveness of the micro and mini generation incentives from the study of the economic and financial viability of a residential photovoltaic generation system. It was identified that in the Southeast region the predominant residential consumption is up to 200 kWh / month and then the system was proposed to supply a monthly demand of 1.5 kW and dimensioned according to ANEEL's Normative Resolutions. The local solar irradiation was obtained through SunData software. For economic evaluation, the indicators Net Present Value and Payback were used. The investment, despite having presented a positive NPV, was not feasible economically because the financial return will be given after the 23rd year of investment. Regulatory, technological and economic-financial viability barriers still impede the effective social diffusion of microgeneration photovoltaic systems.
Keywords: microgeneration, renewable energy, photovoltaics, energy sufficiency, economic viability.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por energia elétrica em residências, indústrias e centros comerciais é crescente devido tanto ao aumento populacional quanto ao surgimento de produtos cada vez mais intensivos no uso de energia. Ao mesmo tempo, porém, em termos nacionais, o setor elétrico enfrenta seguidos desafios para manutenção da oferta de energia. A capacidade instalada nacional atingiu 142 GW em abril de 2016, de acordo com o Banco de Informação de Geração (ANEEL, 2016a), sendo 61,3% de origem hidráulica. As condições hidrológicas desfavoráveis nos últimos anos e as medidas governamentais implantadas em 2012 (visando diminuição de custos e melhoria nos preços da energia elétrica), no entanto, contribuíram para agravar as condições de oferta de energia. Reforçou-se assim, o debate sobre a necessidade de diversificação da matriz elétrica nacional e destacou-se: (a) o incentivo às fontes alternativas, como a solar, eólica, biomassa e biogás como caminho para a diversificação e (b) a descentralização da oferta de energia, para tornar menos necessários os vultuosos investimentos em grandes usinas hidroelétricas.
O Espírito Santo se encontra em uma situação ainda mais delicada, visto que a demanda interna é suprida basicamente por importação e complementada com autoprodutores. Destaca-se ainda que a autoprodução é fortemente marcada por fonte não renovável, 65% térmica a óleo combustível.
Nesse cenário, a proposta de micro e minigeração distribuída instituída pela Resolução Normativa (REN) nº482/2012 e sua revisão REN 687/2015 (ANEEL, 2016b), surge como alternativa para o aumento da oferta interna, abrindo a possibilidade de o consumidor gerar a sua própria energia elétrica, através de fontes renováveis. A Aneel aponta como vantagem: (i) estreita-se a distância entre geração e consumo, que hoje é feita por meio de linhas de transmissão que conectam as geradoras até as distribuidoras; (ii) coloca o consumidor como um agente ativo neste mercado já que suas decisões de consumo e geração estarão atreladas às suas necessidades; (iii) diminui a dependência da geração centralizada de energia; (iv) reduz as perdas do sistema; (v) posterga os investimentos em expansão dos grandes sistemas de distribuição e transmissão e (vi) tem baixo impacto ambiental e relativa simplicidade de execução. Alguns desafios desse modelo, porém, o colocam como arriscado: desafios regulatórios, tecnológicos e de viabilidade econômica (FREITAS; HOLLANDA, 2015; MOURA, 2011; MARTINS, 2015).
Desde a publicação da REN 482/12, a EPE (2016) aponta que fonte solar tem maior participação no número de conexões, representando 97,7% do total. Do ponto de vista ambiental, a geração fotovoltaica de energia não tem restrições; trata-se de fonte limpa e renovável. Porém, ao se falar em sustentabilidade, deve-se considerar o tripé: economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente correto. E este conceito pode ser aplicado tanto de maneira macro (global) quanto micro (uma residência, uma cidade). É relevante, portanto, avaliar os aspectos econômicos do uso da energia fotovoltaica no âmbito da micro e mini geração, associados à difusão social da tecnologia.

2. OBJETIVO

Identificar a eficácia dos incentivos à micro e mini geração no Brasil a partir do estudo da viabilidade econômica e financeira de um projeto de geração fotovoltaica para o consumo residencial: um caso do Espírito Santo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Definição da potência instalada do SFCR

Dimensionou-se um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR), para cidade de Vitória-ES, com potência instalada de 1,5 kW considerando: (a) o cenário estadual do uso residencial da energia solar fotovoltaica, obtido no Sistema de Registro de Geração Distribuída (ANEEL, 2016c) e; (b) o consumo residencial predominante de energia elétrica no país e no Estado, fornecidos pelo Anuário Estatístico (EPE, 2016a).

3.2 Seleção e cálculo do número de módulos fotovoltaicos

Visando otimizar a área para a instalação do SFCR, a quantidade de energia produzida e o custo do investimento, optou-se por trabalhar com módulos de potência mínima de 245 Wp. Foram coletados orçamentos junto aos fornecedores e selecionado o módulo com a melhor relação estimada de custo por energia produzida (R$/kWh) na cidade de Vitória. O número de módulos foi obtido dividindo-se a potência máxima do sistema pela potência máxima do módulo selecionado.

3.3 Cálculo da irradiação solar no local de instalação do sistema

Os dados de irradiação solar do local foram obtidos por meio do programa SunData, disponibilizado pelo CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, (CRESESB, 2016). O *software* fornece a irradiação solar diária média mensal com base nas coordenadas geográficas do local de interesse. Disponibiliza ainda a irradiação para o plano horizontal e para a latitude considerada. Optou-se por trabalhar com dados mais conservadores, ou seja, de irradiação no plano horizontal. Caso o investidor opte por instalar com o ângulo igual a latitude, os resultados aqui apresentados poderão ser otimizados.

3.4 Dimensionamento do inversor

Os inversores foram orçados juntamente com os módulos e, com base nas propostas recebidas, foi selecionado o inversor com a melhor relação entre o custo e a potência de saída do inversor (R$/W). Dois critérios, conforme Pinho e Galdino *et al* (2014), foram considerados para verificar se o total de módulos poderia ser conectado ao inversor selecionado:

(a) Tensão do inversor: tensão máxima de entrada do inversor, em corrente contínua, deve ser superior à tensão da fileira de módulos em série;

(b) Potência do inversor: o sistema fotovoltaico dificilmente atinge sua potência nominal devido a redução da potência do módulo com o aumento da temperatura. Portanto, para otimizar custos, costuma-se dimensionar o inversor com uma potência inferior à total do sistema. Para tanto, considera-se um Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI) que relaciona a potência nominal em c.a. no inversor com a potência de pico do sistema. Essa relação deve ficar na faixa de: 0,75 a 1,05.

Considerando que em um sistema conectado à rede os módulos fotovoltaicos devem ser ligados em série, e ainda, que a tensão destes módulos possui relação com a temperatura, Pinho e Galdino et al (2014) descrevem as seguintes etapas para avaliação do efeito da temperatura:

(c) cálculo da tensão de circuito aberto do conjunto de módulos ligados em série (Voc_cm):

Voc_cm = tensão de circuito aberto do módulo x nº de módulos em série Eq.(1)

(d) avaliação do efeito da temperatura sobre a tensão do conjunto de módulos em série:

Sabendo-se que a redução de temperatura aumenta a tensão de saída dos módulos, buscou-se a temperatura mínima registrada para o município de Vitória no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016). Os dados denotam que a mínima registrada na série histórica (jan/1990 a jul/2016) foi de 14,4 °C. No catálogo do módulo é fornecida a temperatura de 25 °C para testes do equipamento e o seu coeficiente de temperatura β (-%/K); este indica qual a porcentagem de aumento da tensão na saída dos módulos para cada grau de redução de temperatura. Portanto, a tensão total para a temperatura mínima registrada foi obtida por:

Variação percentual da tensão = (25 – 14,4) x β Eq.(2)

Variação de tensão = variação percentual da tensão x Voc-cm Eq.(3)

Tensão total na temperatura mínima registrada = Voc-cm + variação de tensão Eq.(4)

A proposta e verificações do arranjo do sistema foram realizadas conforme Eq. 1 a 4.

3.5 Cálculo da energia produzida

Estimou-se a energia mensal produzida pelo sistema fotovoltaico conforme Pinho e Galdino et al (2014):

$$Eq = Is \times Ap \times \eta p \times \eta i \times nd \times np \quad \text{Eq (5)}$$

Sendo:

Eg = energia gerada – kWh/dia;

Is = irradiação solar diária média – kWh/m²/dia (obtida no site da CRESESB);

Ap = área do módulo – m² (obtida no catálogo do equipamento);

η p = eficiência de conversão do módulo (%) - (obtida no catálogo do equipamento);

η i = eficiência do inversor (%) - (obtida no catálogo do equipamento);

nd = número de dias do mês;

np = número de módulos.

3.6 Análise econômica do investimento

A análise de viabilidade econômica do investimento foi feita com base em três critérios: (1) *Valor Presente Líquido* (VPL), que indica o retorno financeiro do investimento a uma determinada taxa; (2) *Taxa Interna de Retorno* (TIR), que indica a taxa de lucratividade do capital investido; e (3) *Payback descontado*, que mostra o tempo de retorno do investimento considerando o valor do dinheiro no tempo.

Calculou-se o VPL de acordo com a Eq (6), para diferentes Taxas Mínimas de Atratividade (TMA) uma vez que ela é única para cada investidor. Para obter a TIR, utilizou-se o método de aproximações sucessivas, atribuindo-se taxas até obter VPL=0. No cálculo do *payback* descontado considerou-se a taxa de desconto de 10% a.a.

Fórmula algébrica do VPL:

$$VPL = \sum_{j=1}^{n} \frac{CF_j}{(1+i)^j} - CF_0 \quad \text{Eq (6)}$$

Sendo:

CF_0 = fluxo de caixa no ano zero (investimento inicial);

j = ano; e n = ano final;

i = taxa mínima de atratividade.

Na composição do fluxo de caixa, foi calculada a economia que ocorrerá no serviço de abastecimento de energia pelo produto entre o valor da tarifa de energia e a quantidade de energia produzida anualmente. Os demais parâmetros estão na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros para análise de viabilidade do investimento

Parâmetros técnicos		Fonte
Vida útil do sistema (exceto inversores)	25 anos	Fornecedor
Custo anual de operação e manutenção	1% do investimento	EPE, 2012
Troca do inversor no 15º ano do projeto	valor orçado	Fornecedor
Perda de eficiência dos módulos	0,65% a.a.	EPE, 2012
Perda na energia produzida*	10%	Fornecedor
Reajuste da tarifa de energia	6,99% a.a.	FREITAS; HOLLANDA, 2015
Tarifa (subgrupo B1)	R$ 0,64	EDP, 2016

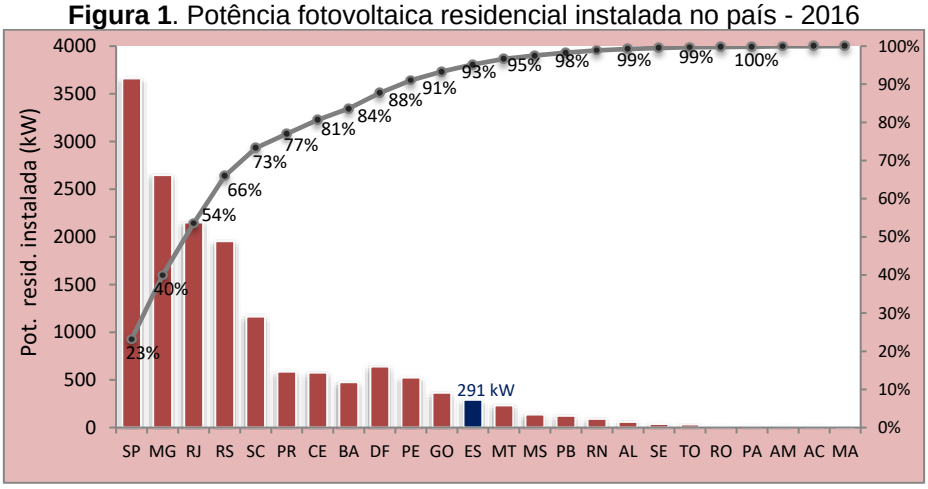
**perda na potência de pico dos módulos em função do aumento de temperatura*

Foi considerado também que o sistema dimensionado será suficiente para atender toda demanda de energia da residência, ou seja, que não será necessário consumir energia da concessionária.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cenário nacional de uso de energia fotovoltaica está apresentado na Figura 1.

Figura 1. Potência fotovoltaica residencial instalada no país - 2016



Conforme Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2016a), em 2015 a capacidade instalada em energia fotovoltaica no país foi de 21 MW sendo o setor residencial responsável por 3,2 MW (15%) (ANEEL, 2016c). Até início de dez/2016, a capacidade instalada nacional passou para 69 MW e, conforme Figura 1, o setor residencial contribui com 15,8 MW (23%); sendo três Estados responsáveis por 54% da capacidade nacional. O avanço foi significativo, no entanto, ao se avaliar a matriz elétrica nacional a fonte fotovoltaica ainda é inexpressiva, representou 0,01% em 2015.

O Espírito Santo está em 12º lugar em capacidade instalada, com 291 kW. O cenário capixaba está apresentado nas Figuras 2 e 3.

Figura 2. Evolução, por classe, da potência instalada em SFCR no ES

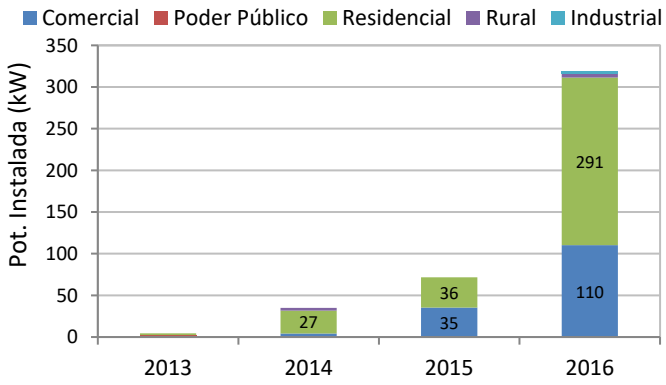
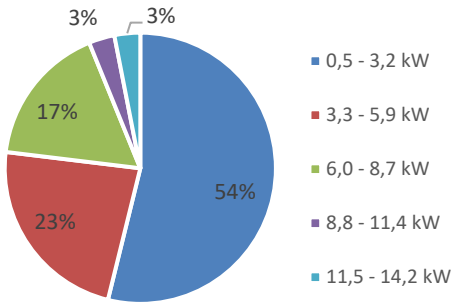


Figura 3. Classificação da potência residencial instada em SFCR no ES



A Figura 2 mostra que o Estado também apresentou um salto em 2016, com destaque para as unidades residenciais e comerciais, que correspondem respectivamente a 62% e 35% da potência instalada. Dentre os usuários residenciais capixabas, conforme Figura 3, os sistemas de pequeno porte, até 3,2 kW, representam a maior parcela, 54%.

O avanço observado em potência instalada na classe residencial é importante para o Sistema Interligado Nacional pois, em 2015, o consumo residencial de energia elétrica representou de 25 a 32% do consumo total nas regiões brasileiras (EPE, 2016). As Figuras 4 e 5 apresentam o consumo residencial de energia elétrica, em 2015, na região Sudeste e no Espírito Santo.

Figura 4. Consumo residencial de energia elétrica – região Sudeste

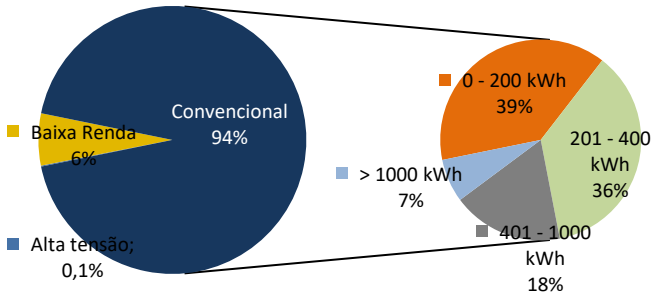
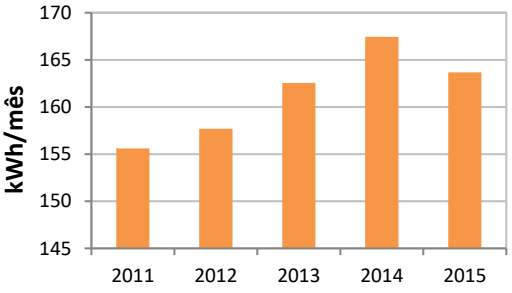


Figura 5. Consumo médio residencial – ES



Na região Sudeste, conforme mostrou a Figura 4, o consumo residencial da faixa Convencional correspondeu a 94% e, nesta faixa, a maior parcela dos usuários (39%) consome até 200 kWh. Especificamente no Espírito Santo (Figura 5), o consumo médio residencial cresceu de 2011 a 2014, quando ficou próximo de 170 kWh/mês. Em 2015 houve uma queda para cerca de 165 kWh, provavelmente em função do reajuste tarifário do setor.

Diante do exposto, dimensionou-se um SFCR de 1,5 kW, por ser capaz de suprir um consumo mensal de 200 kWh (consumo predominante na região Sudeste e ES) e que, ao mesmo tempo, corresponde ao valor médio de potência instalada em SFCR na maioria das residências capixabas (como mostrado na Figura 03).

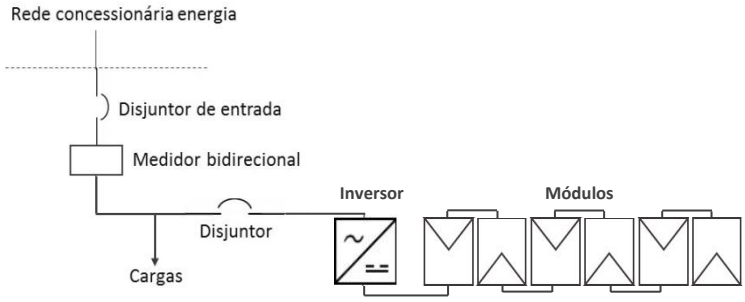
Para os equipamentos selecionados e com base nas Equações 1 a 5, o arranjo do sistema e as verificações técnicas do dimensionamento estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Especificações e diagrama esquemático do sistema proposto

Potência total do sistema	1,5 kW		
Nº total de módulos	06 (9,1 m²)	Módulo selecionado	Canadian 265 Wp
Nº total de inversores	01	Inversor selecionado	Fronius 1,5 kW
Produção média de energia	192 kWh/mês (para coordenadas 20,44º S 40,35º O)		
Verificações técnicas do sistema:			
Tensão dos módulos (220,4 V) < tensão máxima de entrada do inversor (335 V);			
Corrente de curto circuito dos módulos (9,2 A) < corrente máxima do inversor (13,3 A).			
FDI = 1,5 kW / 1,5 kW = 1,0			

Quadro 1 continuação. Especificações e diagrama esquemático do sistema proposto

Diagrama esquemático do sistema:

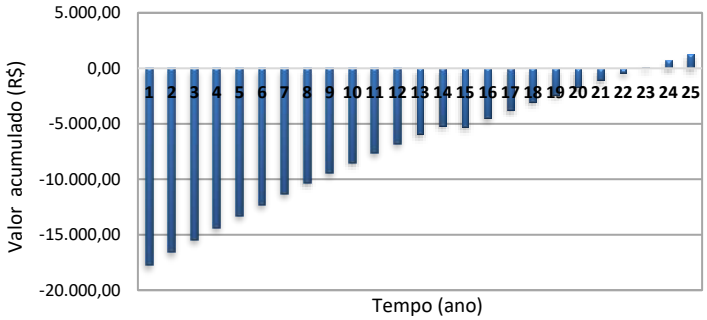


Para o sistema proposto, orçado em R$18.910,90, e as premissas estabelecidas na avaliação econômica, chegou-se ao custo de R$12,61/Wp. A Tabela 2 e a Figura 6 apresentam os resultados.

Tabela 2. VPL e respectiva TMA

TMA	VPL
8%	6.218,74
10%	1.329,72
12%	-2.263,93
14%	-4.956,28
16%	-7.011,14

Figura 6. *Payback* descontado



Observa-se que o VPL foi positivo para uma Taxa Mínima de Atratividade até 10%, o que indicaria uma aceitação do investimento. Porém, o *payback* descontado aponta que o retorno financeiro aconteceria apenas a partir do 23º ano, o que inviabiliza economicamente o investimento uma vez que a vida útil dos equipamentos é de 25 anos. Agrava-se o fato de que o ganho financeiro final não é expressivo, mesmo com TMA de 8%.
A TIR (Taxa interna de retorno) obtida foi de 10,67%, nível no qual o investimento não apresenta prejuízo e nem lucro. Para a TMA considerada pelo investidor, o projeto deve ser aceito se TIR>TMA. Utilizando-se a taxa Selic como parâmetro para TMA, devido sua alta rentabilidade e baixo risco, reitera-se a inviabilidade do investimento pois TIR (10,67%) < TMA (14% Selic atual).
Na discussão quanto a viabilidade econômica da microgeração, cabe ressaltar que em alguns Estados, como o Espírito Santo, ainda há a incidência do imposto ICMS-Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços em toda energia consumida (independente se foi gerada no local) e ainda, como previsto no sistema de compensação da REN 482, o custo de disponibilidade deverá ser pago pela unidade consumidora (independente se a energia injetada foi maior que a consumida). Esse fator dificulta ainda mais a viabilidade econômico-financeira de um investimento em micro geração, para o caso residencial no Espírito Santo.

5. CONCLUSÃO

Apesar da REN 482 criar mecanismos para viabilizar e incentivar a micro e minigeração distribuída no país, ainda existem várias barreiras que precisam ser consideradas (e superadas). Em termos regulatórios, embora haja a disposição da Aneel no incentivo dessa modalidade de geração, as agências reguladoras estaduais ainda não definiram todas as normas em seus respectivos estados para tornar mais claro ao consumidor que papel este passa a cumprir no sistema elétrico brasileiro. Em termos tecnológicos, há que se incentivar novas formas de produção/tributação que reduza os preços dos equipamentos, considerados ainda muito caros. Além disso, há uma heterogeneidade em termos de qualidade dos produtos e a utilização de materiais de baixa qualidade pode gerar problemas de qualidade da energia na rede de distribuição.
Em termos da viabilidade econômico-financeira, as incertezas envolvidas, o alto custo do investimento e a adoção das taxas de juros como parâmetro de retorno dificultam a possibilidade de viabilidade do projeto para que ocorra a efetiva difusão dos SFCR. Apesar disso, os dados mostram um importante interesse da população: o número de instalações é crescente, embora pouco expressivo em relação ao número de consumidores residenciais (4.150 no Brasil e 79 no Espírito Santo, em setembro de 2016).
Dessa forma, permanece a expectativa de que novas políticas de incentivo aprofundem os benefícios já existentes, a fim de tornar economicamente viável a ampliação do uso de energia solar na matriz elétrica brasileira, a partir da micro e minigeração, o que aumentaria, de forma significativa a sustentabilidade da matriz brasileira e ainda a adoção de projetos de geração em novas unidades de construção residenciais no Brasil. Além disso, outras medidas poderiam ser, de forma imediata, implantadas, tais como: (a) a criação de linhas de crédito com juros menores para financiar os equipamentos; (b) repensar a tributação de equipamentos; (c) repensar a tributação e fazer não incidir o ICMS na energia gerada e consumida na unidade residencial e (d) pela via da publicidade e educação ambiental, fazer o consumidor conhecer as possibilidades de auto produção, via o sistema de micro e mini geração distribuída.
Mesmo que existam dificuldades a serem ultrapassadas, é importante notar que o primeiro passo já foi dado na direção correta. A busca por uma matriz elétrica mais limpa, diversificada e sustentável é fundamental no cenário atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEELa – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informação de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 10 nov. 2016.

ANEELb. **Resolução Normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

ANEELc. **Sistema de Registro de Geração Distribuída**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd_estadual_detalhe.asp?uf=ES>. Acesso em: 1 nov.2016.

ARSP – Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo. **Balanço Estadual de Energia Elétrica 2016, ano base 2015**. Disponível em: <https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Downloads/Balan%C3%A7o%20Energ%C3%A9tico/BEES2016-Base2015.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 21 nov. 2016.

EPEa – Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica – 2016.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx>. Acesso em: 20 nov. 2016.

_____b. **Nota técnica: análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/documents/estudos_23/nt_energiasolar_2012.pdf>. Acesso em: 06 out. 2016.

_____c. **Balanço Energético Nacional 2016 – Ano Base 2015**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em: 07 out. 2016.

FREITAS, B. M. R.; HOLLANDA, L. **Micro e Minigeração no Brasil: viabilidade econômica e entraves do setor**. *White Paper* nº1 – maio 2015. FGV Energia. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/13853/micro.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 out. 2016.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt.php?&mRelEstacao=83648&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/01/1961&mRelDtFim=31/12/2014&mAtributos=,,,1,,,,,,,,,,,,>. Acesso em: 09 dez. 2016.

MARTINS, V. A. **Análise do potencial de políticas públicas na viabilidade de geração distribuída no Brasil.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2015. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/affonso.pdf>. Acesso em: 13 out. 2016

MERLO, A.A.; CZARNOBAY, V. **Prospecção tecnológica das energias renováveis no Brasil: Panorama atual e expectativas após resolução normativa 482 e Programa de Patentes Verdes**. João Pessoa: IFPB, 2013. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/11402/8229>. Acesso em: 29 set. 2016.

MOURA, F. A. M. **Geração distribuída - impactos e contribuições para a qualidade da energia elétrica e dinâmica dos sistemas elétricos - uma análise através do ATP-EMTP**. Uberlândia: UFU, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14289/1/t.pdf>. Acesso em: 13 out. 2016.

PINHO, J.T. *et al*. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPEL – CRESESB. Edição Revisada e Atualizada. Rio de Janeiro – Março, 2014.

SANTOS, J.B.; JABBOUR, C.J.C. Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais. **Saúde Soc. São Paulo**, v.22, n.3, p.972-977, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-12902013000300026&script=sci_arttext>. Acesso em: 23 out. 2016.

394. ANÁLISE NUMÉRICA DA INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA METÁLICA EM RESERVATÓRIOS TÉRMICOS

BODNAR, F. A.[1](bodnar100@gmail.com); OLIVESKI, R. C.* [1] *(decesaro@unisinos.br); EHMS, J. H. N.* [1](jhehms@gmail.com)

[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Fábio Andrei Bodnar*

RESUMO

A crescente demanda por recursos energéticos renováveis, salienta a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de mecanismos e componentes que aperfeiçoam processos ecologicamente sustentáveis. Nesse cenário, sendo a energia solar uma abundante e acessível fonte de energia renovável, estudos de desempenho dos componentes relacionados a sua captação, transformação e armazenagem são imprescindíveis ao aperfeiçoamento de sistemas de aquecimento de líquidos por energia solar. Coletor solar, tanque de armazenamento térmico e tubulações são componentes essenciais destes sistemas. Reservatórios térmicos são normalmente formados por um tanque metálico, revestido com isolamento térmico e revestimento de acabamento externo, além de conexões hidráulicas e componentes estruturais para apoio do reservatório e fixação do acabamento. Embora necessários, estes componentes podem influenciar substancialmente nas perdas térmicas do equipamento. O objetivo do presente trabalho é analisar a influência da estrutura metálica sobre o rendimento de reservatórios térmicos. Esta análise é realizada através de resultados obtidos por Fluidodinâmica Computacional. O modelo numérico foi validado experimentalmente, analisando-se a estratificação térmica da água em um reservatório térmico cilíndrico vertical em regime transiente, pelo período de 45 h. Esta comparação apresentou boa concordância com resultados da literatura. A análise da influência da estrutura metálica no rendimento energético do reservatório é realizada de modo comparativo, alternando o material de sustentação na lateral e na base do reservatório de metais para baquelite. Analisando os resultados, é possível observar que a estratificação térmica é afetada quando alternado componentes do reservatório, desta forma, indicando que a conservação de energia térmica é influenciada pela estrutura do reservatório.

Palavras-chave: 4. Energias renováveis em edificações; Reservatório Térmico; Fluidodinâmica Computacional; Sustentabilidade.

NUMERICAL ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF METALLIC STRUCTURE IN THERMAL TANKS

ABSTRACT

The growing demand for renewable energy resources emphasizes the need for research and development of mechanisms and components that improve environmentally sustainable processes. In this scenario, solar energy is an abundant and affordable source of renewable energy, performance studies of the components related to its capturing, processing and storage are essential to the improvement of solar heating systems for liquids. Solar collector, heat storage tank and pipes are essential components of these systems. Thermal tanks are usually consisting of a metal cylinder, coated with thermal insulation and outer finish casing, plus hydraulic connections and structural components to support the reservoir and fasten the finish. Although necessary, these components can substantially influence the thermal losses of the equipment. The aim of this study is to analyze

the influence of the metal structure on the performance of thermal tanks. This analysis is performed through results obtained by Computational Fluid Dynamics. Numerical model was experimentally validated by analyzing the thermal stratification of the water in a transient vertical cylindrical thermal tank, for a period of 45 h. This comparison demonstrated good agreement with literature results. The analysis of the metal structure influence on the energy efficiency of the tank is carried out in a comparative manner, alternating the support material on the side and base of the tank from metal to bakelite. Analyzing the results is possible to observe that thermal stratification is affected when alternating components of the tank, thus indicating that the conservation of thermal energy is influenced by the tank structure.
Keywords: 4. Renewable energies in buildings; Thermal Tanks; Computational Fluid Dynamics; Sustainability

1. INTRODUÇÃO

A importância de investimentos em fontes energéticas renováveis, como a energia solar, é salientada defronte a instabilidade da matriz energética nacional e a necessidade de redução da emissão de resíduos poluentes que influenciam em mudanças climáticas. Aliado a esse quadro, a crescente demanda por estes recursos induz a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que tragam melhorias a processos ecologicamente sustentáveis, tornando-os assim economicamente viáveis.

A energia solar é uma abundante e acessível fonte energética renovável em países com alta incidência solar, como o Brasil (KANNAN; VAKEESAN, 2016). Entre suas inúmeras aplicações, a utilização da energia solar térmica, seja para fins domésticos ou industriais, além de ser capaz de suprir a demanda total ou parcial de água aquecida ou de vapor, traz vantagens econômicas por ser uma fonte energética gratuita. Para tal, um sistema de aquecimento de fluidos por coletores solares deve ser criteriosamente planejado, e perdas energéticas devem ser amenizadas em todos os componentes de seu sistema.

Sistemas de aquecimento de fluidos por coletores solares podem operar de formar ativa ou passiva. A operação de forma ativa é caracterizada pelo controle mecânico da vazão mássica do fluido pelo sistema, já na forma passiva, a operação do sistema é dependente da variação da massa específica do fluido, originado pela transferência de calor por convecção natural (JAMAR et al., 2016).

O reservatório térmico, em um sistema de aquecimento de fluido por coletores solares, tem a função de armazenar a energia térmica obtida no ciclo até sua utilização. Em casos de operação passiva, a vazão mássica é encerrada quando há baixa incidência solar (ARRUDA, 2004), a partir deste momento, o armazenador térmico do sistema deverá evitar ao máximo perdas para o meio externo, assim, garantindo um bom rendimento ao sistema.

Motivados pela importância do reservatório térmico ao rendimento energético de sistema de coletores solares, vários estudos vêm sendo desenvolvidos a prol de investigar o comportamento de variáveis que influenciam no seu rendimento. A estratificação térmica, por exemplo, compreendida como uma distribuição do gradiente térmico praticamente em uma única direção, a da gravidade (OLIVESKI, 2000), é um dos processos físicos que influenciam positivamente na capacidade de armazenamento térmico do reservatório (ROSEN; TANG; DINCER, 2004) e no clico mássico do sistema (ARRUDA, 2004).

Conforme é observado nos estudos experimentais realizado por Ghaddar (1994), a eficiência de um reservatório capaz de manter a estratificação térmica pode amentar de 6% a 20% comparado a um não estratificado. Então, afim de obter o máximo de aproveitamento energético possível em

reservatórios, é necessário que a estratificação térmica seja obtida e mantida. Sendo assim, interferências que geram misturas devem ser minimizadas (HAN; WANG; DAI, 2009).
Estudos numéricos desenvolvidos por Shah, Furbo (2003) e por Zachar, Farkas, Szlivka (2003) demonstram que o jato de entrada de fluído de água, quente ou fria, pode desfazer a estratificação térmica do reservatório. Ambos observaram que a utilização de anteparos defronte a entrada do fluido pode garantir a preservação da estratificação. Ainda Zachar, Farkas, Szlivka (2003), observaram que a dimensão deste anteparo não altera significativamente o rendimento térmico do sistema, Shah, Furbo (2003) por sua vez, enfatizam que característica do projeto do reservatório, no que diz respeito ao controle de vazão, influenciam no rendimento do sistema.
Yang et al. (2016), desenvolveram um estudo numérico abordando a influência do formato do reservatório na capacidade de armazenagem térmica e sua interferência na estratificação do fluido, em processos de convecção natural. Resultados comparativos entre dez estruturas diferentes, demonstram que o reservatório de melhor rendimento deveria possuir formato esférico ou de barril, já o reservatório térmico cilíndrico na vertical apresenta a menor capacidade de armazenagem e a menor diferença de temperatura de estratificação.
A condutividade térmica das paredes do reservatório influencia na estratificação do reservatório térmico, conforme indicam resultados experimentais e numéricos obtidos por Murthy, Nelson, Rao (1992). Neste trabalho, os autores observaram que, quanto menor a espessura da parede metálica e menor a condutividade térmica do material, mais prolongada será a estratificação no reservatório. No mesmo estudo, foi constatado que o isolamento externo irá impedir parcialmente a perda de calor para o ambiente, e que condutores metálicos aceleram este processo, mas não foi abordado quantitativamente a influência destes condutores.
Reservatórios térmicos são normalmente formados por um corpo interno metálico revestido com isolamento térmico e revestimento de acabamento externo, além de conexões hidráulicas e componentes estruturais para apoio do reservatório e fixação do acabamento. Embora necessários, estes componentes podem influenciar substancialmente nas perdas térmicas do equipamento. Conforme observado no trabalho desenvolvido por Oliveski (2000), a representação numérica do processo de convecção natural em reservatórios térmicos só foi possível com o incremento do material que compõem a estrutura metálica na região inferior do reservatório no modelo matemático.
O objetivo do presente trabalho é apresentar um estudo numérico, bidimensional e transiente, por Fluidodinâmica Computacional (CFD), da influência da estrutura metálica em um reservatório térmico quando este é submetido a convecção natural no processo de estratificação térmica e de armazenagem térmica. São apresentados resultados quando é alternado o material de sustentação na base e na lateral do reservatório de metais para baquelite.

2. METODOLOGIA

O presente estudo emprega simulação numérica por CFD para a obtenção de resultados. As soluções das equações foram realizadas pelo método dos volumes finitos (PATANKAR, 1980). Dentre os softwares utilizados se destacam o ANSYS ICEM-CFD 16.1 para o desenvolvimento da malha computacional, o ANSYS Fluent 16.1 para executar as simulações e o ANSYS CFD-Post 16.1 para o pós-processamento.

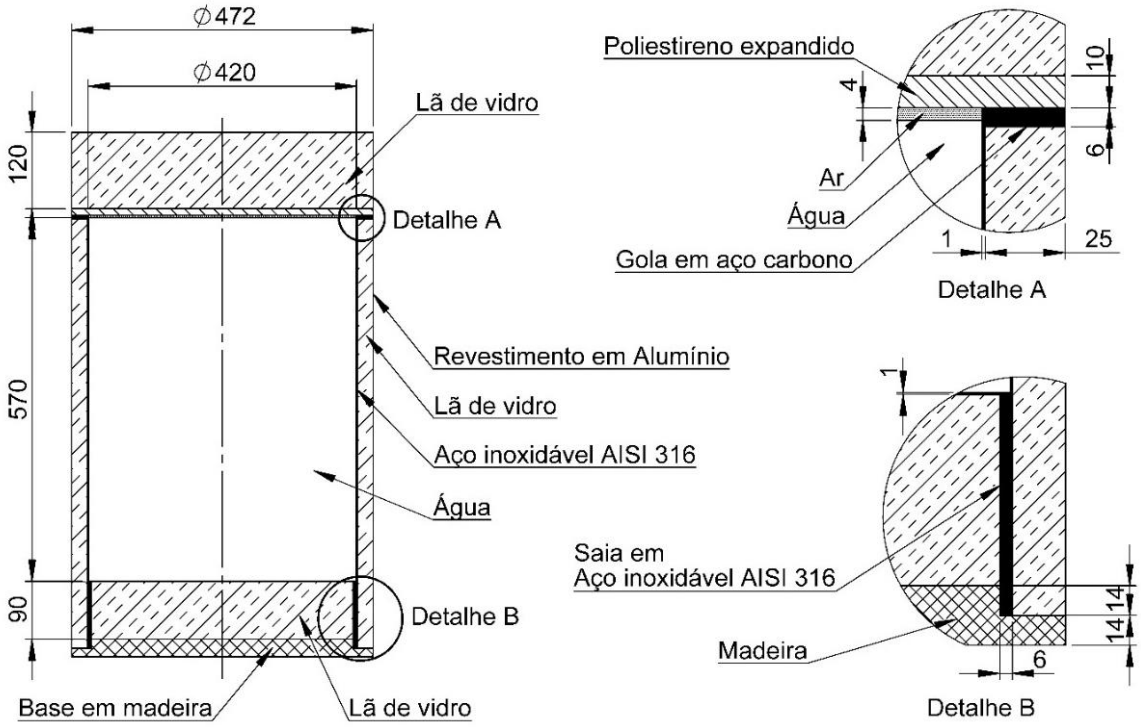
2.1 Modelo físico

A geometria utilizada neste trabalho reproduz a estrutura física do reservatório térmico empregado nos estudos desenvolvidos por Oliveski (2000), ilustrado na Figura 1. Com capacidade para 79 L

de água. O reservatório é cilíndrico vertical, sendo composto por uma base de madeira, onde sua sustentação é de aço inoxidável, envolto por lã de vidro em praticamente todo o perímetro. Na região superior, entre o poliestireno e a água, existe uma região com ar, que também foi considerada nas simulações.

Nos detalhes A e B da Figura 1 estão destacados os componentes metálicos analisados no presente trabalho. No detalhe A, o componente é a estrutura da gola de aço carbono e no B é a saia de sustentação mecânica de aço inoxidável, os quais serão referidos como gola e saia, respectivamente.

Figura 1. Geometria analisada (dimensões em mm)



As propriedades termofísicas empregadas nas simulações constam na Tabela 1, onde ρ é a massa específica, Cp é o calor específico e k é a condutividade térmica. A viscosidade dinâmica (μ) da água e do ar são respectivamente de $5{,}397 \times 10^{-4}$ kg m^{-1} s^{-1} e de $1{,}79 \times 10^{-5}$ kg m^{-1} s^{-1}. O coeficiente de expansão térmica (β) da água foi considerado de $6{,}574 \times 10^{-4}$ K^{-1}. Com exceção de ρ da água, todas as propriedades apresentadas foram consideradas constantes nas simulações.

Tabela 1. Propriedades termofísicas

Material	ρ [kg m^{-3}]	Cp [J kg^{-1} K^{-1}]	k [W m^{-1} K^{-1}]
Água	970,72	4184	0,6
Ar	1,2	1000	0,0287
Lã de vidro	20	835	0,04
Aço AISI 316	8238	468	13,4
Aço carbono	7800	434	41

Material	ρ [kg m^{-3}]	Cp [J kg^{-1} K^{-1}]	k [W m^{-1} K^{-1}]
Poliestireno	55	1200	0,06
Baquelite	300	1465	1,4
Madeira	510	1380	0,16

2.2 Modelo matemático

O modelo matemático utilizado no presente trabalho consiste da solução das equações de balanço de massa, de quantidade de movimento e de energia (ANSYS, 2015), apresentadas nas Eq. 1 - 3, respectivamente.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla\left(\rho \cdot \vec{V}\right) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho \cdot \vec{V}}{\partial t} + \nabla\left(\rho \cdot \vec{V} \cdot \vec{V}\right) = -\nabla p + \nabla\left(\mu \cdot \nabla \vec{V}\right) + \rho \cdot g \quad (2)$$

$$\frac{\partial (\rho \cdot h)}{\partial t} + \nabla\left(\rho \cdot \vec{V} \cdot h\right) = \nabla(k \cdot \nabla T) \quad (3)$$

onde t é o tempo [s], $\vec{V}$ é o vetor velocidade [m s^{-1}], p é a pressão [Pa], g é a aceleração da gravidade (9,81 m s^{-2}), T é a temperatura [K] e h é a entalpia [J kg^{-1}], calculada através da Eq. 4.

$$h = \int_{T_{ref}}^{T} C_p \mathrm{d}T \quad (4)$$

onde T_{ref} é a temperatura de referência (298,15 K). O termo de flutuação da Equação 2 foi calculado através da aproximação de Boussinesq ($\boldsymbol{\rho = \rho_0(1 - \beta \cdot \Delta T)}$), sendo ρ_0 a massa específica da água na T_{ref} (970,72 kg m^{-3}).

2.3 Condições de contorno e controle de simulação

Como condições de contorno, foram considerados os parâmetros apresentados por Oliveski (2000) e Oliveski; Krenzinger; Vielmo (2003). Para todos os casos, a temperatura externa é de 18,6 °C no intervalo de tempo entre 0 e 15,25 h, 22,65 °C entre 15,25 e 25,25 h e 18,3 °C de 25,25 até 45 h, sendo a temperatura inicial da água igual a 82,25 °C. As paredes externas são submetidas ao processo de transferência de calor por convecção, utilizando-se h (coeficiente de transferência de calor) igual a 10 W m^{-2} K^{-1}. A pressão foi considerada igual a 101,325 kPa.

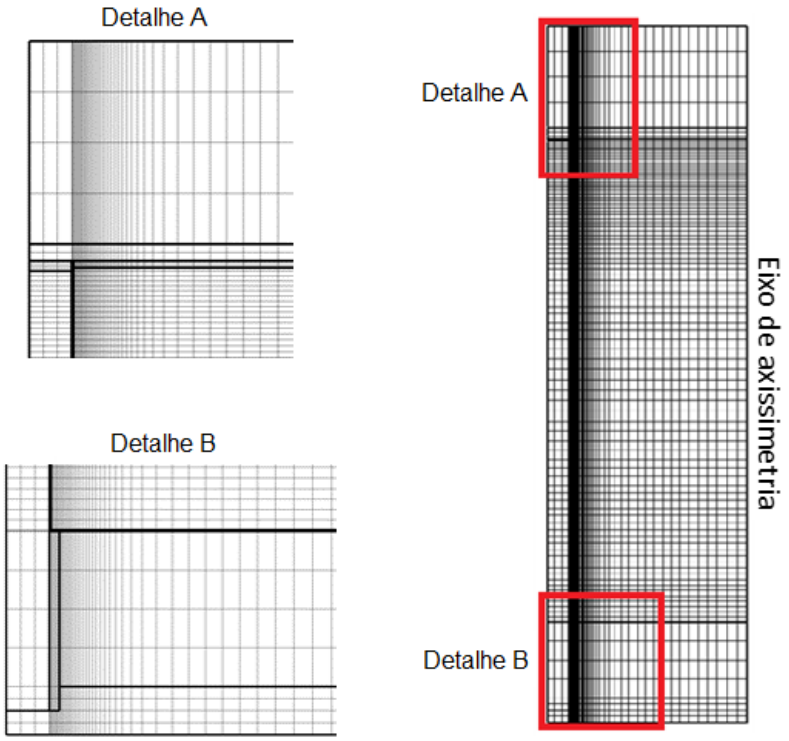
Os métodos de resoluções das equações consistem do SIMPLE para o acoplamento pressão-velocidade, PRESTO para a correção de pressão e Power Law para as resoluções das equações da conservação da energia e de quantidade de movimento. Os coeficientes de relaxamento adotados foram de 0,25 para a pressão, 0,8 para a massa específica, 0,6 para quantidade de movimento e 0,9 para a energia. Os critérios de convergência empregados em todas simulações foram de 10^{-8} para a energia e 10^{-5} para as equações de conservação da massa e da velocidade.

2.4 Análise de independência de malha espacial e temporal

Para todas as simulações realizadas, foram considerados os domínios computacionais sendo estruturas bidimensionais axissimétricas à um eixo vertical no centro reservatório. Nos detalhes da Figura 2 é possível observar que a malha computacional utilizada nas simulações engloba também

as regiões sólidas da estrutura. Desta forma, considerando a interferência da condutividade dos materiais do processo de convecção natural a qual a água é submetida.
O teste de independência de malha foi realizado com 3 malhas de quantidade de elementos distintos 3.294, 6.150 e 11.127), mas que seguiam o mesmo padrão de refino, observado nos Detalhes A e B da Figura 2. Por não ser visível diferenças de resultados entre as malhas de 6.150 e 11.127 elementos, as simulações foram realizadas com a malha de 6.150 elementos (Figura 3). Além disso, a malha de 3.294 elementos apresentou resultados destoante ao experimental.

Figura 2. Malha computacional utilizada



O estudo de independência temporal foi realizado com os intervalos de tempo de 0,5, 1, 2, 3 e 4 s. Foram constatadas diferenças de resultados entre os intervalos de 3 e 4 s com os demais e com o resultado experimental, já entre os de 0,5, 1 e 2 s não foi observado diferenças significativas. Desta forma, foi considerado viável o uso do intervalo temporal de 2 s.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

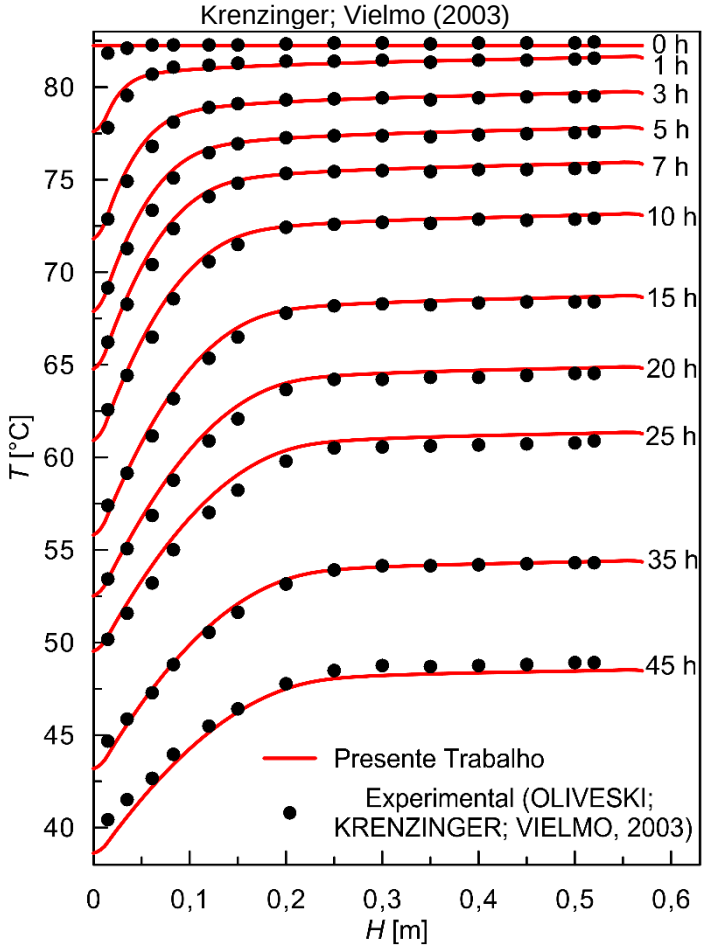
Como resultados, é apresentada a validação numérica e a análise da influência dos componentes metálicos estruturais na estratificação do reservatório.

3.1 Validação do modelo matemático e numérico

Na Figura 3 são apresentados perfis transiente de temperatura (*T*) pela altura do tanque (*H*). Nesta figura, os símbolos representam os resultados experimentais de Oliveski; Krenzinger; Vielmo (2003), enquanto que as linhas representam os resultados numéricos deste trabalho. Como pode ser observado, os resultados numéricos representam bem a formação da estratificação térmica

experimental até o período de 45 h. Assim, com tal concordância, considera-se o modelo matemático e numérico validado.

Figura 3. *T* vs. *H* no centro do reservatório: presente trabalho e resultados experimentais de Oliveski; Krenzinger; Vielmo (2003)



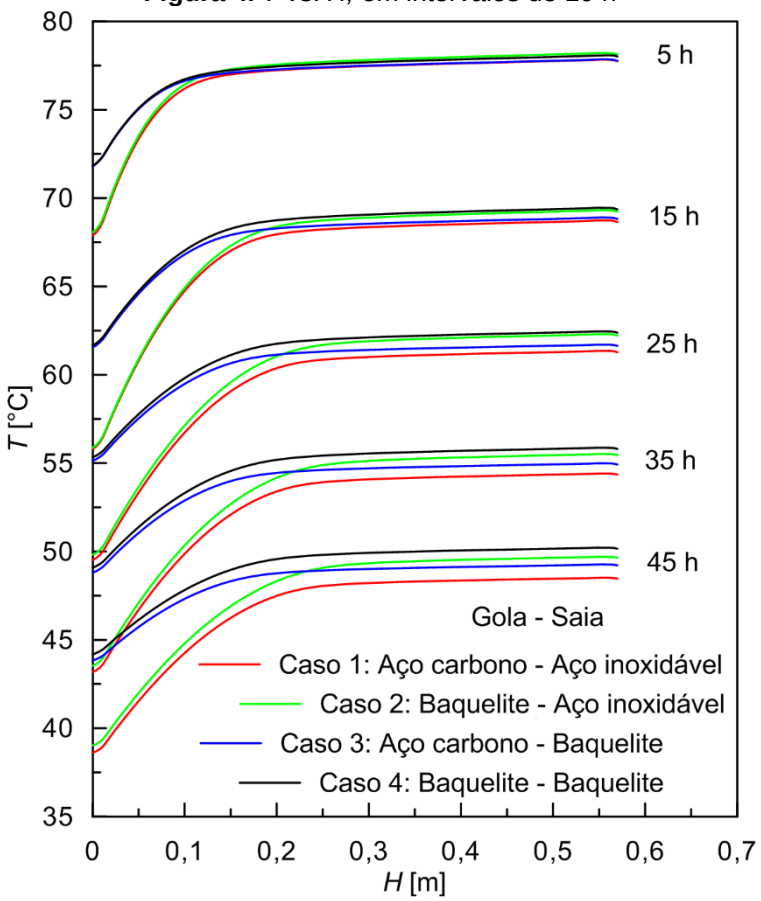
3.2 Resultados e análises

O trabalho desenvolvido traz a análise do comportamento térmico do sistema quando a gola e a saia do reservatório, originalmente metálicos, são substituídas pelo polímero fenol-formaldeído. Este polímero é popularmente chamado de baquelite (JUNIOR, 2008). O baquelite possui baixa condutividade térmica (BERGMAN et al., 2011) e é resistente a alta temperatura (WIJK; WIJK, 2015). Apesar do presente trabalho desconsiderar as características mecânicas de seus componentes, apenas as térmicas, com baquelite é possível obter bons resultados com baixos custos (VOORT, 1999).

A Figura 4 apresenta o perfil transiente de temperatura pela altura, para um total de 45 h, com intervalos de 10h. Para cada intervalo de tempo são mostrados perfis de temperatura para 4 diferentes configurações estruturais, representadas por diferentes cores. Inicialmente pode-se observar que ocorre estratificação térmica em todos os horários e para todos os casos simulados. Apesar disso, é observado que, entre todos os horários mostrados, dois resultados apresentam maior estratificação térmica, os quais correspondem aos casos com saia de aço inoxidável, com

gola de aço carbono (Caso 1) e com gola de baquelite (Caso 2), nas corres vermelha e verde, respectivamente. Para estes dois casos, os perfis de temperatura na parte inferior do tanque são praticamente iguais. No entanto, na parte superior, observa-se a temperatura é superior para o Caso 2, com gola de baquelite. Comportamento semelhando é observado para nos Casos 3 e 4, comparando golas de aço carbono e de baquelite.

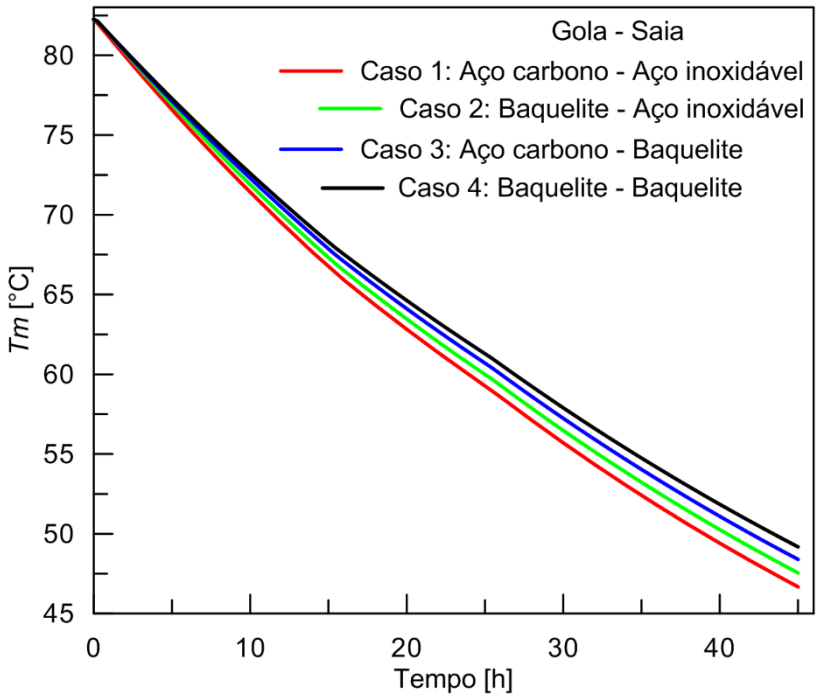
Figura 4. *T* vs. *H,* em intervalos de 10 h



Na Figura 5 é apresentado a variação da temperatura média do fluido no reservatório para o total de 45 h, com as 4 configurações estruturais analisadas, representadas por diferentes cores. Em uma primeira análise é possível observar que, para todos os casos, as curvas de decréscimo da temperatura média são semelhantes ao decorrer do tempo. O Caso 1, correspondente ao caso validado com o processo experimental, composto pela gola de aço carbono e saia de aço inoxidável, apresenta menor temperatura média entre todos os casos. Já no Caso 4, onde ocorre a substituição dos componentes metálicos da gola e da saia por baquelite, a temperatura média é a menor de todos os casos simulados. Nesta figura também pode-se observar que a temperatura média do Caso 3 e do Caso 4 são próximas entre si, isto porque a composição estrutural entre ambos difere apenas pelo material da gola, sendo do Caso 4 o baquelite e do Caso 3 aço carbono. Desta forma, verifica-se que, para a configuração estrutural do presente reservatório, a substituição do material

da saia de metal por baquelite ocasiona menor perda térmica se comparado com a substituição do material da gola (Casos 1 e 2).

Figura 5. Temperatura média de fluido (*Tm*) para 45 h



4. CONCLUSÃO

A necessidade de pesquisa e desenvolvimento de mecanismos e componentes que tragam melhorias a processos ecologicamente sustentáveis é salientada defronte a instabilidade da matriz energética nacional. Motivado por este anseio, o presente trabalho consistiu em apresentar um modelo matemático e numérico capaz de reproduzir o comportamento de estratificação em um reservatório térmico vertical submetido ao processo de convecção natural pelo período de 45 h, por Fluidodinâmica Computacional. Com o modelo validado, foi possível analisar a influência de componentes estruturais metálicos do reservatório, quando os mesmos são substituídos por baquelite, na estratificação térmica e na armazenagem energética,

Os resultados indicam que a estratificação térmica está presente em todos os casos analisados. Sendo que, os maiores gradientes estão naqueles casos compostos pela saia de aço inoxidável, independentemente se o material da gola é de aço carbono ou de baquelite.

Quanto a variação da temperatura média do fluido no reservatório, observou-se que os casos com saia de aço inoxidável apresentam menor temperatura. Também foi possível observar que a substituição do material da saia de metal para baquelite ocasiona menor perda térmica, se comparado com a substituição do material da gola.

Por fim, salienta-se que a concepções de projetos devem primar por estruturas com materiais de baixa condutividade térmica. Para uma análise quantitativa mais ampla, são necessários resultados com outros materiais além do baquelite, bem como o comportamento da estratificação térmica do reservatório quando submetido a maiores ou menores temperaturas iniciais e a outras

configurações estruturais, como o acréscimo de um revestimento de alumínio, usualmente empregado em aparatos experimentais. Sendo estas análises interessantes abordagens para trabalhos futuros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, à UNISINOS e à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro para produção desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANSYS. Fluent Theory Guide. Ansys Inc. 2015.

ARRUDA, L. B. Operação de sistemas de aquecimento solar de água com controle de vazões em coletores planos. São Paulo, 250 p., 2004. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.

GHADDAR, N. K. Stratified storage tank influence on performance of solar water heating system tested in Beirut. Renew Energy. V. 4, n. 8, p. 911-925, 1994.

HAN, Y. M.; WANG, R. Z.; DAI, Y. J. Thermal stratification within the water tank. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V. 13, p. 1014-1026, 2009.

JAMAR, A.; MAJID, Z. A. A.; AZMI, W. H.; NORHAFANA, M.; RAZAK, A. A. A review of water heating system for solar energy applications. International Communications in Heat and Mass Transfer. V. 76, p. 178-187, 2016.

JUNIOR, William D. Callister. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução. Rio de Janeiro: LCT, 1999. 5ª ed., 623 p.

KANNAN, N.; VAKEESAN, D. Solar energy for future world: - A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V. 62, p. 1092-1105, 2016.

MURTHY, S. S.; NELSON, J. E. B.; RAO, T. L. S. Effect of wall conductivity on thermal stratification. Solar Energy. V. 49, n. 4, p. 273-277, 1992.

OLIVESKI, R. C. Análise Numérica e Experimental dos Campos de Temperatura e Velocidade em Armazenadores Térmicos. Porto Alegre, 158 p., 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVESKI, R. C.; KRENZINGER, A.; HORÁCIO, A. V. Comparison between models for the simulation of hot water storage tanks. Solar Energy. V. 75, p. 121-134, 2003.

PATANKAR, Suhas V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. New York: McGraw-Hill, 1980. 199 p.

ROSEN, M. A.; TANG, R.; DINCER, I. Effect of stratification on energy and exergy capacities in thermal storage systems. International Journal of Energy Research. V. 28, p. 177-193, 2004.

SHAH, L. J.; FURBO, S. Entrance effects in solar storage tanks. Solar Energy. V. 75, p. 337-348, 2003.

VOORT, George F. Vander. Metallography: Principles and Practice. New York: McGraw-Hill, 1999. 752 p.

WIJK, Ad Van; WIJK, Iris Van. 3D printing with biomaterials: Towards a Sustainable and Circular Economy. Amsterdam: IOS Press BV, 2015. 86 p.

YANG, Z.; CHEN, H.; WANG, L.; SHENG, Y.; WANG, Y. Comparative study of the influences of different water tank shapes on thermal energy storage capacity and thermal stratification. Renewable Energy. V. 85, p. 31-44, 2016.

ZACHÁR, A.; KARKAS, I.; SZLIVKA, F. Numerical analyses of the impact of plates for thermal stratification inside a storage tank with upper and lower inlet flows. Solar Energy. V. 74, p. 287-302, 2003.

408. O RIO GRANDE DO SUL E AS FONTES SUSTENTÁVEIS: ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO

*SAAD, Denise de Souza Saad *[1](dssaad1@gmail.com); SAAD, Danielle de Souza [2] (danissaad@gmail.com); MACHADO, Marcos Vinícios Machado[3](marcos8113@gmail.com); SANTOS, Isis Portolan dos (isisporto@gmail.com)*[1]
[1]Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil
[2] Antonio Meneghetti Faculdade (AMF), Brasil
[3] Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI SANTIAGO), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
A principal fonte de energia elétrica no Brasil é a hidrelétrica, entretanto devido ao menor índice pluviométrico, tem-se empregado geração através de usinas térmicas, que empregam combustíveis fósseis, encarecendo o custo aos usuários e causando danos ao meio ambiente. A diversificação da matriz energética apresenta ganhos significativos relacionados a conservação do ambiente, incluindo a promoção do desenvolvimento social, devido a possibilidade de geração de empregos. A partir da REN 687 de 2012, quando a ANEEL criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, propiciando ao consumidor brasileiro poder gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e fornecendo o seu excedente para a rede de distribuição de sua localidade, houve uma maior participação de fontes renováveis na matriz estadual. Assim, este trabalho pretende apresentar o cenário energético do estado do Rio Grande do Sul e quais as fontes renováveis mais utilizadas, verificando o quão sustentável é a matriz energética do estado, através da pesquisa exploratória. Os resultados demonstraram que metade da capacidade de geração do Rio Grande do Sul é de usina hidrelétrica, seguida de termelétrica, energia eólica e apresentando uma central geradora solar fotovoltaica na cidade de Santa Cruz do Sul.
Palavras-chave: Matriz Energética, Fontes Renováveis, Políticas Públicas (Tema 11)

RIO GRANDE DO SUL AND SUSTAINABLE SOURCES: ANALYSIS OF THE STATE'S ENERGY MATRIX

ABSTRACT
The main source of electricity in Brazil is the hydroelectric plant. However, due to the lower rainfall, generation has been used through thermal plants, which use fossil fuels, increasing the cost to users and cause environment damage. The diversification of the energy matrix presents significant gains related to environmental conservation, including the promotion of social development, due to the possibility of generating jobs. Since REN 687 of 2012, when ANEEL created the Electric Energy Compensation System, enabling the Brazilian consumer to be able to generate its own electricity from renewable sources or qualified cogeneration and supplying its surplus to the distribution network of its locality, there was a greater participation of renewable sources in the state matrix. Thus, this paper intends to present the energy scenario of the state of Rio Grande do Sul and which are the most used renewable sources, verifying how sustainable the state energy matrix is through exploratory research. The results showed that half of Rio Grande do Sul's generation capacity is from a hydroelectric power plant, followed by thermoelectric, wind power and a solar photovoltaic power plant in the city of Santa Cruz do Sul.
Keywords: Energy Matrix, Renewable Sources, Public Policy

1. INTRODUÇÃO

Assim, como no Brasil, no Rio Grande do Sul, a produção de energia é preferencialmente hidráulica, entretanto, devido a diversos fatores, principalmente a problemas ligados a menor incidência de chuvas e ao aumento da demanda de energia, outras formas alternativas sustentáveis de energia estão sendo buscadas.

A queda na oferta de energia causa sérios problemas, pois o país sofre com retração econômica, causando problemas de falências em empresas, desemprego e privação de energia para grande parte da população, como ocorreu na crise energética no período do Presidente Fernando Henrique Cardoso, denominada pela mídia brasileira de Crise do Apagão (GOLDENBERG E PRADO, 2003).

A partir da resolução do Conama nº 279, de 27 de junho de 2001, o qual estabeleceu procedimentos de licenciamento ambiental simplificado para empreendimentos elétricos de pequeno porte e da Lei 10.847 de 2004, com criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e principalmente da Lei 10.438 de 15 de abril de 2002 e do Decreto nº 5.025, de 2004, no qual dispõem sobre o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFRA), houve um maior incentivo a outras fontes de geração de energia, que são mais sustentável, preservando os recursos naturais e possibilitando um maior desenvolvimento sustentável.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo apresentar o cenário energético do Rio Grande do Sul e quais as fontes renováveis mais utilizadas, verificando o quão sustentável é a matriz energética do estado.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa exploratória sobre as principais característica da matriz energética brasileira e gaúcha, mediante revisão de normas e bibliografias ligadas ao tema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.Brasil e o panorama no setor elétrico:

Dentre os países industrializados, a matriz energética do Brasil é a mais sustentável, contando com usinas hidrelétricas, biomassa, etanol, eólica e energia solar (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIAS, 2010).

Da energia elétrica produzida pelo Brasil, 75% dela é proveniente de usinas hidrelétricas, mas quando ocorrem problemas como menor regime de chuvas, as usinas termelétricas são acionadas. Essas usinas, devido ao combustível empregado, provocam poluição e maior emissão de gases estufa, prejudicando o meio ambiente, além de elevar o preço da energia. Portanto, é essencial buscar alternativas mais ambientalmente amigáveis para a geração de energia.

Nos últimos anos, houve uma grande expansão no setor elétrico no Brasil, o Ministério das Minas e Energia estima que entre os anos de 2008 até 2017 haverá um aporte, tanto pelo setor público, quanto privado, na ordem de 352 bilhões de reais para a ampliação do parque energético. Os recursos do setor público são provenientes principalmente do Programa de Aceleração de Crescimento (PAC), lançado em 2007 no governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2010).

No ano de 2002 foi criado pelo Ministério das Minas e Energia o Programa Proinfra - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, tendo por objetivo desenvolver fontes alternativas e renováveis para a geração e produção de energia elétrica, considerando as questões locais, o que propiciam um desenvolvimento mais sustentável, com redução dos gases que provocam o efeito estufa, sendo que inicialmente a meta de implantação era de 3,3 TW em usinas

eólicas, de biomassa e pequenas centrais hidrelétricas, dividido igualmente entre as três fontes (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2010).
A Tabela 1 apresenta a potência disponível associada para cada uma das fontes de energia no Brasil que são principalmente, a hidrelétrica e termelétrica, além destas tem-se a eólica, por ação das forças dos ventos e fotovoltaica, que emprega a energia recebida do sol. (ANEEL, 2016).

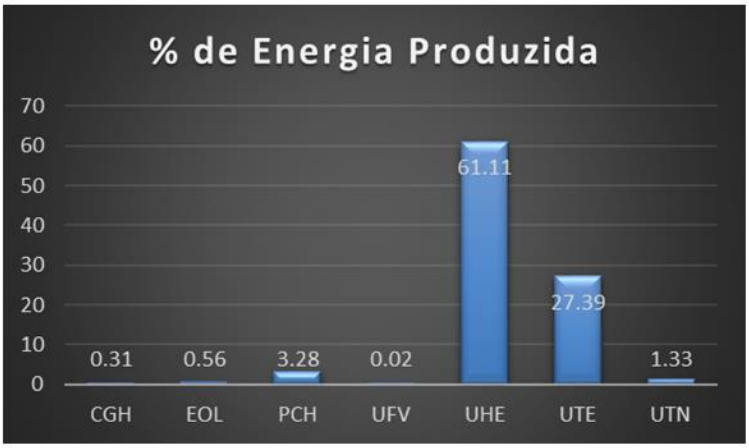
Tabela 1- Situação Atual das Fontes de Energia

Fontes de Energia	Potência Disponível (kW)
Hidrelétrica	96.841.050
Eólica	9.815.360
Fotovoltaica	23.008
Termelétrica	42.983.652

Fonte: ANEEL, 2016.

De todos os empreendimentos em operação, a potência outorgada, ou seja, aquela que é considerada no ato de outorga é de 160.990.711 kW, sendo que 61,11% representam a potência das usinas hidrelétricas e 27,39% das usinas termelétricas. A Figura 1 indica a porcentagem de energia disponível em função do empreendimento em operação no Brasil. Conforme já foi indicado, 88,5% encontram-se nas usinas hidrelétricas e termelétricas.

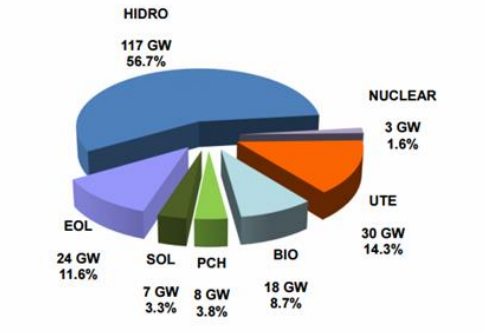
Figura 1 - Porcentagem de Energia Produzida no Brasil



Fonte: ANEEL, 2016

O planejamento da expansão de energia elétrica no Brasil, como o Plano Decenal de Expansão 2024 (PDE 2024) tem com uma das prioridades aumentar a participação de fontes renováveis, para atender todo o aumento do consumo de energia elétrica (TOMASLQUIM, 2016). A Figura 2 apresenta a previsão de participação dos diversos tipos de produção na matriz energética brasileira.

Figura 2 – Composição da matriz energética no ano de 2024

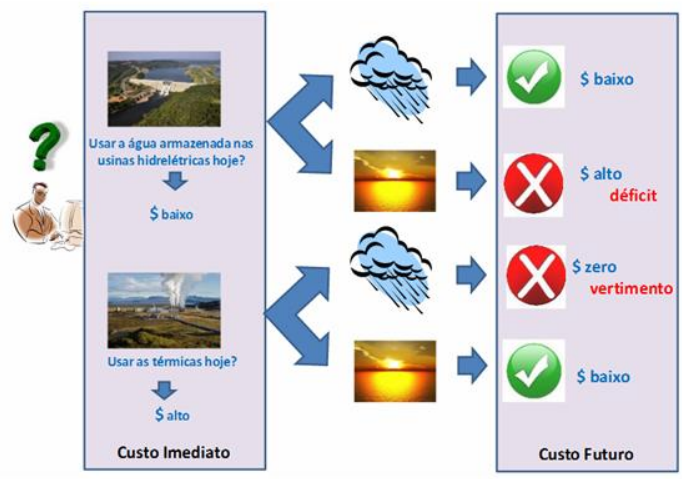


Fonte: TOMALSQUIM, 2016

O Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) apresenta um extenso sistema de linhas de transmissão de longa distância. A maioria do país está ligada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), que é composto por quatro subsistemas o Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte, sendo que algumas regiões ainda não estão interligadas, principalmente na região Norte, sendo estes denominados de sistemas isolados. Em 1998, foi criado o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), sendo este o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica, estando sob a fiscalização e regulação da ANEEL. (TOMASLQUIM, 2016).

Para garantir o suprimento de energia em todo o país, o ONS desenvolve uma série de estudos e ações. Tomaslquim (2016) em seu livro apresenta uma figura que representa o “dilema do operador” (Figura 3).

Figura·3·–·O·dilema·do·operados¶



Fonte:·Tolmaskquim,·2016¶

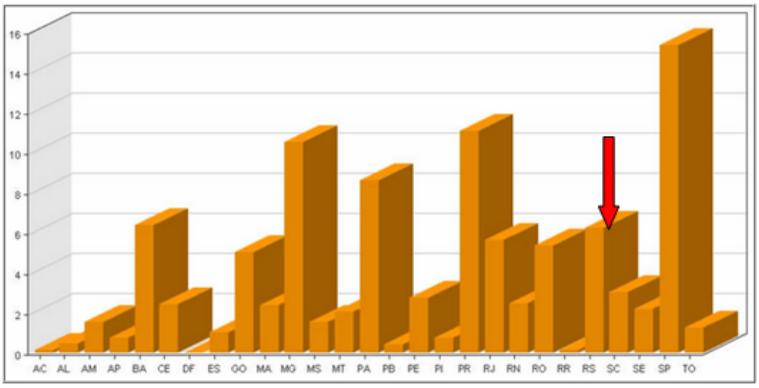
Observando a Figura 3, verifica-se as principais fontes de energia que geram dúvida nos operadores, que são a fonte hidrelétrica, de menor custo e a fonte termelétrica, de maior custo

econômico e ambiental, o que reforça a necessidade de se inserir outras fontes de energia, que poderão auxiliar no sistema para a tomada de decisão.
Pelo que foi apresentado anteriormente, assim como no Brasil, a situação se assemelha no Rio Grande do Sul para a matriz energética, que será apresentada no próximo tópico.

4.2. A Matriz Energética do Rio Grande do Sul

A matriz energética no Rio Grande do Sul é, como a do Brasil, com base fortemente hidrelétrica. O problema é que na construção dos reservatórios de água para geração de energia há vários impactos a serem considerados, os ambientais, onde a flora e fauna do local são modificadas, há também questões sociais e culturais, pois várias cidades já foram submersas em função das grandes barragens e também há as questões econômicas. Apesar da energia hidrelétrica ser considerada sustentável, eles determinam impactos irreversíveis ao meio ambiente e ao homem.
Em entrevista à revista do Instituto Humanitas da Unisinos, o vice-presidente do Comitê Estadual da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, o Engenheiro Agrônomo Alexandre Krob descreve a matriz energética ideal “onde as formas de geração sejam menos impactantes, com um reaproveitamento muito maior da energia solar, eólica, das marés, com opção para pequenas hidrelétricas gerando energia para ser consumida na região, com um esforço muito grande para reduzir as perdas de transmissão de repotencializar geradores”, ainda descreve “ Se nessa nova era energética ainda houvesse lugar para algumas grandes usinas hidrelétricas, o desafio seria planejá-las e construí-las sem causar graves e irreversíveis impactos sociais e ambientais como vem acontecendo” (WOLFART, 2010).
No Rio Grande do Sul, a sua capacidade instalada produz 9.403.343,43 kW, representando 6,27% da capacidade instalada de todo o Brasil (Figura 4).

Figura 4 – Capacidade Instalada por Estado



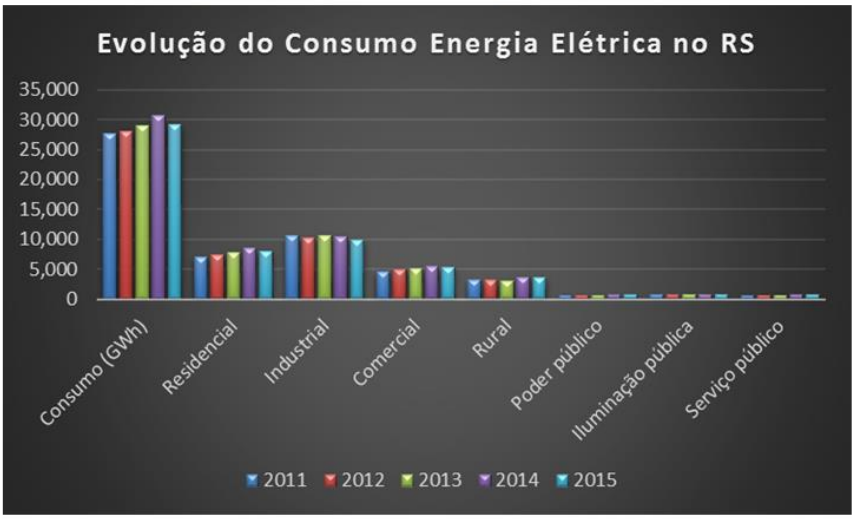
Fonte: ANEEL, 2016

A Tabela 2 apresenta a evolução do consumo e o número de consumidores de energia elétrica no estado do Rio Grande do Sul. Para melhor visualização, construiu-se a Figura 5, que indica a evolução do consumo durante os anos de 2011 a 2015. Verifica-se, conforme seria esperado, que o maior consumo é no setor industrial, seguido do residencial e que o consumo total de energia está em torno de 30.000 GWh. Tendo em mãos estes dados, surge a questão, como está distribuída a produção dessa energia?

Tabela 2- Consumo e número de consumidores no Rio Grande do Sul -

	2011	2012	2013	2014	2015	Δ% (2015/2014)	% Partiicipação (2015)
Consumo (GWh)	27,630	28,111	28,956	30,638	29,220	-4.6	100
Residencial	6,956	7,336	7,750	8,517	8,054	-5.4	27.6
Industrial	10,595	10,248	10,665	10,475	9,862	-5.8	33.8
Comercial	4,603	4,972	5,040	5,457	5,231	-4.1	17.9
Rural	3,209	3,136	3,041	3,677	3,611	-1.8	12.4
Poder público	636	656	658	705	671	-4.8	2.3
Iluminação pública	717	715	735	750	758	1.0	2.6
Serviço público	613	639	645	684	675	-1.3	2.3
Consumo próprio	301	409	421	373	358	-4.1	1.2
Consumidores (unidades)	4,116,417	4,213,796	4,325,664	5,904,191	6,020,604	2.0	100
Residencial	3,367,982	3,459,049	3,562,681	5,082,064	5,196,439	2.3	86.3
Industrial	36,928	37,223	37,198	32,886	31,916	-2.9	0.5
Comercial	341,289	344,844	349,718	409,128	410,084	0.2	6.8
Rural	338,598	340,039	342,837	331,431	332,731	0.4	5.5
Poder público	27,108	27,909	28,408	41,260	41,818	1.4	0.7
Iluminação pública	618	576	561	2,796	2,933	4.9	0.0
Serviço público	3,592	3,735	3,835	3,992	4,031	1.0	0.1
Consumo próprio	302	421	426	634	652	2.8	0.0

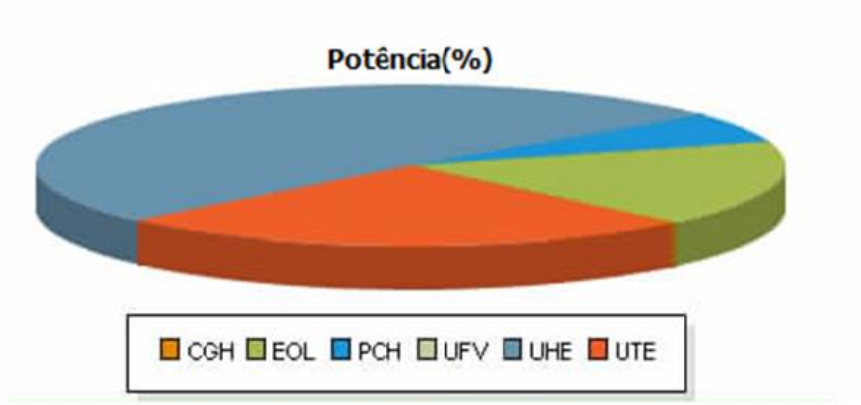
Figura 5 - Consumo de Energia Elétrica no RS



O relatório da ANEEL (2016) apresenta a capacidade de geração de cada estado. O documento indica que no Rio Grande do Sul há um total de 317 empreendimentos em operação, gerando uma potência de 9.403.343 kW, conforme já foi citado, sendo que para os próximos anos está prevista a

adição de 2.491.650 kW na capacidade de geração do estado, que será proveniente de 18 empreendimentos em construção e de 22 com construção prevista.
A Figura 6 apresenta os empreendimentos e a % de potência (kW) produzida.

Figura 6 – Empreendimentos e % de potência produzida no RS



Fonte: ANEEL, 2016

Na Figura 6, a maior parcela apresentada em cor azul é de Usinas Hidrelétricas, que representam 51,19%, com potência gerada de 4.813.553 kW, sendo seguido de Usinas Termelétricas com 25,07% do total, com potência de 2.357.730 kW. Com relação a empreendimentos sustentáveis há 70 unidades de Centrais Geradoras Eólicas, sendo 9 unidades em Osório, 8 em Palmares do Sul, 11 em Santana do Livramento, 2 em Viamão, 7 unidades em Rio Grande e 7 no Chuí, 1 em Xangrilá, Pelotas e Tramandaí e 23 unidades em Santa Vitória do Palmar, com potência total de 1.618.566,98 kW, bem como 52 empreendimentos de Pequena Centrais Hidrelétricas com potência de 578.993 kW. Além disso, o relatório indica que há uma Central Geradora Solar Fotovoltaica na cidade de Santa Cruz do Sul. (ANEEL, 2016).
Da potência gerada, 23,37% representa os empreendimentos considerados sustentáveis, excluindo as grandes hidrelétricas, o que demonstra que aproximadamente 25% da energia produzida no estado é de energia ambientalmente adequada. Além disso, o relatório da ANEEL (2016) também indica que há 14 empreendimentos eólicos em construção com potência prevista de 232.500 kW, sendo que os mesmos encontram-se em Viamão, com 1 empreendimento, 3 na cidade de Rio Grande e 10 em Santa Vitória do Palmar, o que deve implementar a parcela sustentável na matriz energética gaúcha.
Cabe lembrar que o estado do Rio Grande do Sul apresenta a maior reserva de carvão mineral do país, concentrando em torno de 90% das reservas do Brasil e que está sendo previsto a sua exploração empregando tecnologias que visem reduzir os impactos ambientais (XAVIER, 2016). Contudo, estes empreendimentos causam grandes problemas ambientais e soluções ditas mais limpas, ainda são caras e pouco eficientes (ABREU, 2009).
Outro tipo de geração que deveria ser melhor divulgada e incentivada é a geração através de painéis fotovoltaicos, pois segundo o Portal Solar “O Brasil possui uma das melhores condições no mundo para a geração de energia solar” e ainda informa que devido à crise energética no país, há a procura na diversificação da matriz energética, sendo que no ano de 2015 a energia fotovoltaica teve um

crescimento recorde e em 2016 a expectativa é de aumento de 300%. O governo ainda informa que os investimentos até 2030 estarão na ordem de 100 bilhões de reais (PORTAL SOLAR, s.d.).
Em pesquisa realizada, verificou-se que o Rio Grande do Sul é o terceiro estado em instalação de energia solar em 2015 e o quarto, em empresas com energia solar ativas (Portal Solar, s. d). Infelizmente, uma das principais questões a resistência da implantação do sistema nas edificações é o seu custo inicial. A expansão do mercado deste tipo de energia irá promover uma redução de custo, já verificado nos últimos anos.
Gasparin e Krenzinger (2016) empregam o programa SAM (System Advisor Model) para simulação de um sistema fotovoltaico em dez cidades brasileiras e os resultados demonstraram que é possível verificar, com as simulações, que com variações até 50º a leste e oeste, e com inclinação até 40º, não há grande variação da energia anual.
Em trabalho realizado pelos autores, empregando o programa SAM (System Advisor Model), foi avaliada a produção mensal e anual de energia solar na cidade de Santa Maria (RS) para as quatro orientações e três ângulos de inclinação do sistema fotovoltaico, 29º, 45º e 90º. Os resultados demonstraram que mesmo na pior condição, com 90º de inclinação para os painéis fotovoltaicos, a produção de energia poderia atender 50% do consumo médio de uma edificação unifamiliar, com um investimento inicial de 16 mil reais, com tempo de retorno do investimento de 6,5 anos. Assim, esse estudo demonstrou que a geração de energia através de central geradora solar fotovoltaica aplicada em edificações pode propiciar elevada produção de energia anual, implementando a matriz energética com sistemas sustentáveis, necessitando somente uma maior conscientização dos profissionais ligados a Engenharia e Arquitetura e da sociedade de um modo geral.

5. CONCLUSÃO

A matriz energética brasileira e gaúcha está fortemente embasada nas usinas hidrelétricas, que são consideradas ambientalmente adequadas, entretanto em sua implantação, provocam grandes impactos ambientais, sociais e econômicos. Além disso, quando ocorre uma menor incidência de chuvas, as termelétricas são acionadas, as quais empregam combustíveis fósseis, emitindo gases que provocam o efeito estufa.
A questão energética é uma questão fundamental em todos os países e cada vez mais há a necessidade da diversificação da matriz energética, buscando um perfil mais sustentável, como está ocorrendo no Rio Grande do Sul, pois de toda a potência gerada, 23,37% da matriz é disponibilizada através de empreendimentos sustentáveis e, além disso, há previsão de mais 14 empreendimentos eólicos.
Como foi visto, o Brasil é um dos países que possui uma das melhores condições para geração de energia solar, o que também se reflete em solo gaúcho. Portanto, uma maior ênfase deveria ser dada a geração de energia através de sistemas fotovoltaicos em edificações residenciais e comerciais, pois este tipo de investimento preserva os recursos naturais e possibilita o desenvolvimento sustentável com geração e emprego e renda local, necessitando somente uma maior conscientização da sociedade, de um modo geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, B. Será possível fazer uma Energia Limpa? Diário de Notícias, P. 1, 2009.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informação de Geração, 2016.

GASPARIN, F. P. KRENINGER, A. Desempenho de um Sistema fotovoltaico em dez cidades brasileiras com diferentes orientações do painel. VI Congresso Brasileiro de Energia Solar. p.1-8, 2016.

GOLDENBERG, J. PRADO, L T. S. Reforma e crise no setor elétrico no período FHC. Tempo Social, v.15, no. 2, São Paulo, p. 1-17, 2003.

WOLFART, G. O RS pode mostrar para o Brasil como é possível repensar a matriz energética. IHU Online, n. 341, p. 1, 2010.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2010. http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/matriz-energetica. Acesso em 30 de novembro de 2016.

PORTAL SOLAR http://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html Acesso em 15 de novembro de 2016

TOMALSQUIM, M.T. Energia Renovável Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016, 452 p.

XAVIER, M. O carvão está em rota de ascensão no RS. Correio do Povo, p. 1, 2016.

511. USO DA ENERGIA GEOTÉRMICA E FOTOVOLTAICA PARA CONDICIONAMENTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

KAPPLER, Genyr[1](genyr.kappler@gmail.com); DIAS, João Batista[1] (joaodb@unisinos.br); HAEBERLE, Fernanda[1] (fernandahaeberle@gmail.com); WANDER, Paulo Roberto[1], (prwander@unisinos.br); DAMASIO, Juliana[1] (juliana.damasio@gmail.com).*
[1]Escola Politécnica/Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O solo tem grande estabilidade térmica, e em certa profundidade a sua temperatura é constante ao longo do ano, podendo ser fonte ou sumidouro de calor. Acoplar edificações a ele através de trocadores de calor terra-ar (EAHE) é uma técnica que têm sido usada para fins de aquecimento e refrigeração em substituição aos equipamentos com ciclo de compressão e expansão (VCRS), reduzindo a demanda por energia elétrica. No sistema EAHE, ar é circulado com auxílio de ventiladores entre a edificação e dutos enterrados, pelos quais ocorre a troca de calor com o solo circundante. No entanto, devido à baixa difusividade térmica do solo, a sua capacidade de remover calor fica limitada, ademais, a condutividade térmica do ar é muito baixa. Portanto, dada a capacidade térmica da água e sua maior condutividade térmica comparada com o ar, um sistema inovador que utiliza um reservatório de água enterrado (RE) como trocador de calor terra-água (EWHE) foi concebido. Considerando que o RE pode absorver/libertar uma grande quantidade de energia térmica enquanto continuamente troca calor com o solo, o sistema torna-se mais resiliente. O uso da geotermia por meio do RE como trocador de calor reduz algumas limitações técnicas apresentadas pelo sistema terra-ar. Além disso, integrando este sistema com geração de energia solar fotovoltaica (PV), a demanda por energia elétrica do edifício para climatização é consideravelmente reduzida. O objetivo deste trabalho foi calcular o tamanho de um sistema EWHE, alimentado por energia fotovoltaica, para o condicionamento do ar de uma edificação residencial. Os resultados experimentais são apresentados e discutidos neste trabalho. Um protótipo do EWHE foi instalado e estudado no sul do Brasil, e uma simulação para climatizar uma habitação popular foi executada no software *EnergyPlus*. Os resultados obtidos indicam que a utilização de um RE como um permutador de calor terra-água é uma técnica interessante para climatização natural de edificações residenciais.
Palavras-chave: Energias renováveis em edificações; Energia geotérmica; Energia solar fotovoltaica; Climatização natural; Eficiência energética; Sustentabilidade

USE OF GEOTHERMAL ENERGY AND PHOTOVOLTAICS FOR THERMAL CONDITIONING OF BUILDINGS

ABSTRACT
Soil has great thermal stability, and at a certain depth, its temperature is constant throughout the year behaving as a source or sink of heat. Coupling buildings to it through earth-to-air heat exchangers (EAHE) is a technique that has been used for heating and cooling purposes to replace vapor-compression refrigeration system (VCRS), reducing demand for electricity. In this system air is circulated with the aid of electric powered fans between the building and buried ducts, whereby heat is exchanged with the surrounding soil. However, soil has a low thermal diffusivity, therefore its capacity to remove heat is limited, and additionally, thermal conductivity of air is very low. Therefore,

given the high thermal capacity of water and its higher thermal conductivity compared to that of air, an innovative system that uses a buried water tank (WT) as an earth-to-water heat exchanger (EWHE) was designed. Considering RE can absorb / release a large amount of thermal energy while continuously exchanging heat with the soil, the system becomes more resilient. The use of geothermal energy source by means of a RE as a heat exchanger reduces some technical limitations presented by the earth-to-air system. In addition, coupling this system with Photovoltaics (PV) generation, the demand for electric energy of the building for air conditioning is considerably reduced. The objective of this work was to calculate the size of an EWHE system, powered by PV, for conditioning the air of a residential building. The experimental results are presented and discussed in this paper. A EWHE prototype was installed and studied in southern Brazil, and a simulation to conditioning the air of a popular building was performed in the software *EnergyPlus*. The results indicate that the use of a RE as an earth-to-water heat exchanger is an interesting technique for a natural air conditioning system for residential buildings.
Keywords: Renewable energy in buildings; Geothermal energy; Photovoltaics; Natural air conditioning; Energy Efficiency; Sustainability

1. INTRODUÇÃO

A oscilação da temperatura no solo decresce com a profundidade, consequentemente sua temperatura é praticamente independente da variação diária e, em profundidades entre 5 a 9 m, a temperatura não perturbada do solo é equivalente à temperatura média anual do ar ambiente. Devido a sua grande inércia térmica, o solo pode ser considerado uma fonte ou sumidouro de calor, onde sua temperatura é maior que a do ambiente no inverno e menor no verão. Isto apresenta uma grande oportunidade para o condicionamento térmico natural de edificações, acoplando-as ao solo. Trocadores de calor terra-ar (EAHE) são uma técnica bem fundamentada para o condicionamento de edificações por meio da inércia térmica do solo. EAHE têm sido avaliados para climatizar edificações e estufas de cultivo (DHALIWAL e GOSWAMI, 2009, JAIN, DILIP e TIWARI, 2002 e KRARTI e KREIDER, 1994). Neste sistema, o ar é conduzido por tubos horizontalmente enterrados por meio de ventiladores de corrente alternada, ocorrendo troca de calor entre o ar e o solo em torno das paredes dos tubos em razão da diferença de temperatura entre eles. Nesse sistema, o ar é o elemento que limita a troca de calor, pois sua condutividade térmica é de 0,026 W m^{-1} $°C^{-1}$ (ARGIRIOU *et. al*., 2004), enquanto que a do solo varia, conforme composição e teor de humidade, entre 0.9 W m^{-1} $°C^{-1}$ a 2.0 W m^{-1} $°C^{-1}$ (INCROPERA, 2011 e PROTOLAB, 2015).
Sistemas de climatização natural podem ser utilizados para reduzir a amplitude da oscilação da temperatura das edificações por meio da ventilação, proporcionando o equilíbrio da temperatura com um outro meio mais estável ao longo do tempo (HYDE, 2008). Assim, para modelos com ventilação forçada, o consumo dos ventiladores em função do tempo de operação é um elemento relevante. Outro aspecto dos EAHE é que, devido à alta resistência térmica do solo, a diferença de temperatura entre o ar e o solo se reduz gradualmente devido a saturação térmica do solo, reduzindo a capacidade do sistema trocar calor (NIU *et al.,* 2015). Ainda, a abertura das trincheiras para enterrar os tubos e os custos para sua limpeza e manutenção são relativamente elevados. A limpeza se faz necessária devido à possibilidade de proliferação de patógenos (TAMVAKOLOGOS *et. al*., 2015, SANTAMOURIS, 2006, e LI *et. al*., 2009).
Como alternativa ao sistema EAHE é possível o uso de reservatórios de água enterrados (EWHE) no lugar dos dutos enterrados. O uso da água assegura uma melhor taxa de troca térmica, uma vez que sua condutividade é de 0,6 W m^{-1} $°C^{-1}$ (CHOI *et, al*., 1995), em torno de 23 vezes maior que a do ar. Ainda, devido à alta capacidade térmica da água e sua propriedade convectiva, ela pode,

respectivamente, reter uma grande quantidade de calor e facilmente trocar este calor com o solo. Além disso, por funcionar em circuito fechado, se elimina o risco de umidade e fungos. Ainda, o custo para instalar os reservatórios enterrados (RE) é reduzido significativamente, por não precisar das escavações para os tubos. O presente estudo foi realizado nas dependências da Unisinos obtidos experimentalmente *in loco*, bem como dados da a região metropolitana de Porto Alegre.

2. OBJETIVO

O presente artigo busca elencar uma nova forma de se climatizar edificações residenciais e comerciais. Foram estimadas analiticamente a dimensão de um sistema de climatização natural, que faz uso de geotermia e energia solar fotovoltaica por meio do sistema EWHE, e a economia média anual de energia elétrica.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para se estabelecer um banco de dados das trocas de calor envolvidas no sistema EWHE foi construído um modelo experimental. Com base nestes dados elaborou-se um modelamento matemático quantificando as trocas térmicas envolvidas no processo, bem como da energia necessária para movimentar os fluidos, ar e água. Com auxílio do software *EnergyPlus* se obteve as cargas térmicas necessárias para climatizar uma habitação popular e dimensionar o sistema EWHE para aplicação em escala real.

3.1. Unidade experimental

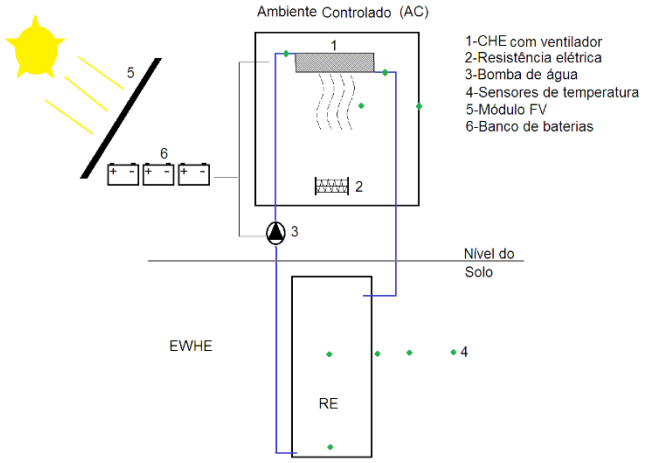
Um protótipo, Figura 1, composto basicamente por um ambiente controlado (AC), um reservatório enterrado (RE), um sistema fotovoltaico (PV) e instrumentos de medição foi usado para formar a base de dados locais. Na parte a ser condicionada, o AC, foram instalados um trocador de calor compacto (CHE) tipo tubo aletado com um ventilador de 10 W integrado, uma resistência elétrica e sensores de temperatura para verificar a diferença entre as temperaturas de entrada e saída da água no CHE, das paredes interna e externa e da temperatura do ar no interior do AC. A parte responsável pelo condicionamento térmico do AC, o EWHE, se localiza no solo e é constituído por um RE em concreto, com capacidade volumétrica de 0,38 m^3, preenchido com água e enterrado com a base a 2 m de profundidade. No seu interior foram instalados sensores de temperatura da água e da temperatura da parede. Uma bomba de água de 12 W foi responsável por circular a água. O solo no local da instalação do RE é monitorado por 3 sensores de temperatura na profundidade de 1 m, o primeiro posicionado na superfície do RE e os outros dois distantes 0,7 m e 4 m do RE. A água é conduzida do RE até o CHE e retorna ao RE por meio de dutos instalados dentro de canos PVC50 com isolamento térmico de poliuretano expansível (PU).

Módulos fotovoltaicos foram utilizados para alimentar um banco de baterias que supriu de energia elétrica a bomba de água e o ventilador. Estes equipamentos operaram ininterruptamente durante todo experimento, fazendo a movimentação dos fluidos, evitando assim o uso da energia elétrica da concessionária. Já, para alimentar os instrumentos de controle e medição e a resistência elétrica, foi feito uso da energia da concessionária.

Os sensores, o fluxo de água e a potência da resistência elétrica foram monitorados por 153 dias, de setembro de 2015 a fevereiro de 2016. Foram utilizados sensores RTD-PT100 devido a boa precisão, de ± 0,1 °C, que é importante devido à baixa diferença entre as temperaturas analisadas. Os sensores foram calibrados por imersão em banho térmico e equiparados a um termômetro aferido, o que gerou para cada sensor uma equação de ajuste para a temperatura medida. A vazão

foi medida no local com auxílio de cronômetro e reservatório com medida padrão. As tensões de alimentação da resistência foram monitoradas ao longo dos testes para considerar as oscilações e calcular a potência real para a resistência elétrica.

Figura 1: Esquema do sistema EWHE



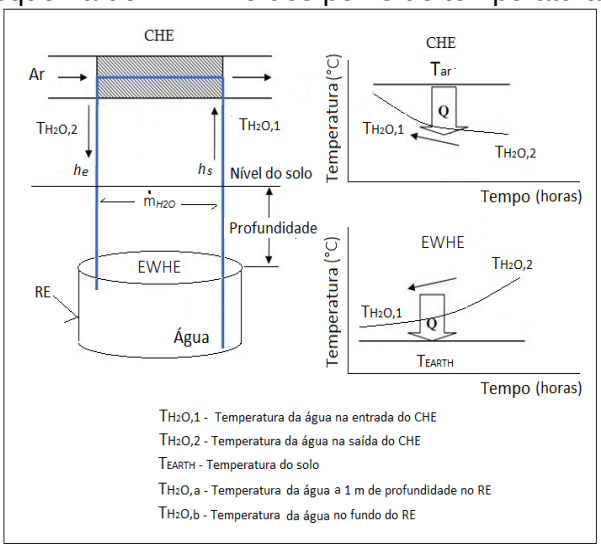
3.2. Modelamento da troca de calor

A condutividade e difusividade térmicas do solo variam com o teor de umidade, portanto são difíceis de prever sob condições de regime transiente. Portanto, o solo foi considerado um meio poroso isotrópico e homogêneo, e os cálculos foram realizados sob condições de estado estacionário. As incertezas foram tratadas pelo método do desvio padrão de dados combinados.

Amostras do solo foram analisadas no laboratório de solos da universidade Unisinos quanto a constituição e propriedades térmicas. O solo foi classificado como predominantemente arenoso, com mistura de argila e rochas em pouca quantidade. O teor de umidade, condutividade térmica e difusividade térmica sob condições de umidade da primavera foram determinadas, respectivamente, 13%, 1,49 W m^{-1} $°C^{-1}$ e 1,86x10^{-3} m^2 h^{-1}. A resistência térmica entre o RE e o solo não foi considerada para efeito dos cálculos, pois a condutividade do concreto varia de 1,2 W m^{-1} $°C^{-1}$ a 2,0 W m^{-1} $°C^{-1}$, conforme o material, e foi considerado idêntica à do solo.

O sistema de climatização EWHE, Figura 2, consiste em um circuito de água entre o EWHE e o CHE. Uma vez que o EWEH troca um valor de Q de calor com o solo, a mesma quantidade de calor Q é trocado com o ar no CHE. Assim, o ar é arrefecido quando calor passa de CHE para EWHE ou aquecido quando o CHE recebe calor do EWHE. Para uma condição de arrefecimento, uma quantidade de calor Q provenientes do CHE é transferido para o solo através do EWHE. O perfil de temperaturas resultante para o EWHE também é mostrado na Figura 2, enquanto o balanço de energia é dado pela Equação 1. As Equações 2, 3 e 4 são utilizadas para calcular a taxa de calor de cada um dos componentes da Equação 1.

Figura 2: Esquema do EWHE e dos perfis de temperatura resultantes



$$\dot{Q}_{EWHE} = \dot{Q}_{CHE} - \dot{Q}_{EARTH} \quad (1)$$

$$\dot{Q}_{EWHE} = \dot{m}_{\mathrm{H_2O}} C_p \Delta T_{\mathrm{H_2O}} \quad (2)$$

$$\dot{Q}_{CHE} = \dot{m}_{\mathrm{H_2O}} (h_e - h_s) \quad (3)$$

$$\dot{Q}_{EARTH} = \frac{\Delta T_{EARTH}}{R_{EARTH}} \quad (4)$$

onde, $\dot{Q}_{EWHE}$ é a taxa de calor no RE, $\dot{Q}_{CHE}$ é a taxa de calor no CHE, $\dot{Q}_{EARTH}$ é a taxa de calor no solo, $\dot{m}_{\mathrm{H_2O}}$ é a vazão mássica, C_p é o calor específico, $\Delta T_{\mathrm{H_2O}}$ é a variação da temperatura da água no RE, h_s e h_e são a entalpia de saída e entrada respectivamente, ΔT_{EARTH} é a variação da temperatura no solo e R_{EARTH} é a resistência térmica do solo.

Substituindo as Equações 2, 3 e 4 no balanço térmico do sistema (Equação 1), é possível estimar o tamanho do EWHE utilizando a Equação 5. A dimensão do RE foi estimada para uma variação $\Delta T_{\mathrm{H_2O}}$ de 4 °C, e para uma temperatura da água máxima de 23 °C for para a estação mais quente.

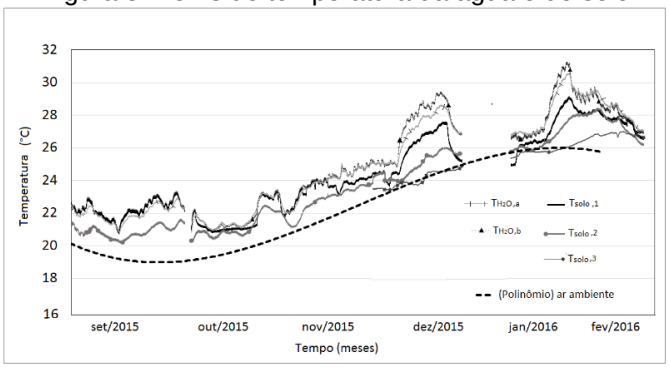
$$V_{\mathrm{H_2O}} = \frac{\left[\dot{m}_{H_2O}(h_e - h_s) - \frac{\Delta T_{EARTH}}{R_{EARTH}}\right] \Delta t}{\rho C_p \Delta T_{\mathrm{H_2O}}} \quad (5)$$

onde, $V_{\mathrm{H_2O}}$ é o volume do RE, Δt é a variação do tempo e ρ é a massa específica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

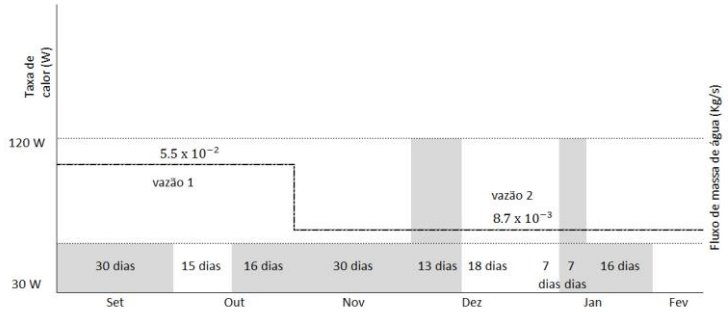
Na Figura 3 são mostrados os perfis de temperatura da água $T_{\mathrm{H_2O\_a}}$ e $T_{\mathrm{H_2O\_b}}$, no meio e no fundo do RE, respectivamente, e do solo, $T_{\mathrm{solo},1}$, $T_{\mathrm{solo},2}$ e $T_{\mathrm{solo},3}$, comparadas com a média do ar ambiente (polinômio). Para as equações, a temperatura da água do RE é considerada a média aritmética de $T_{\mathrm{H_2O\_a}}$ e $T_{\mathrm{H_2O\_b}}$, resultando $T_{\mathrm{H_2O}}$. Observou-se que as temperaturas da água e do solo acompanham a variação sazonal na profundidade adotada, isso porém não interfere a obtenção dos dados necessários para sua caracterização e cálculos de dimensionamento.

Figura 3: Perfis de temperatura da água e do solo



A Figura 4 mostra as taxas de calor entrando no AC pelo uso da resistência elétrica e a vazão da bomba circulando água entre o RE e o CHE. Os picos de temperaturas na Figura 3 ocorrem em função dos ajustes destas variáveis, que foram usados para validar o sistema.

Figura 4: Parâmetros do sistema, mostrando taxa de calor e vazão de água ao longo do tempo

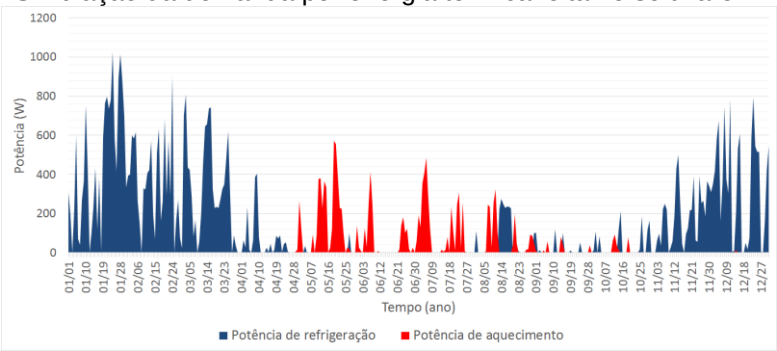


4.1. Simulação da climatização em uma edificação popular em escala real

Foi estimada a demanda por energia térmica para climatizar uma edificação popular do programa Minha Casa Minha Vida, do governo Federal (Planos Casas, 2016). A edificação tem 50,25 m^2 de área, suas paredes externas foram projetadas com a face externa composta por uma chapa de fibrocimento, sendo que a face interna é revestida com chapa de gesso acartonado e possui isolamento térmico de lã-de-vidro. As paredes internas são compostas por duas chapas de gesso acartonado e todas as janelas são constituídas de vidro duplo.

A Figura 5 mostra as potências para refrigeração e aquecimento requeridas ao longo de um ano típico. Para este gráfico considerou-se os limites mínimo e máximo, respectivamente, 18 °C para o inverno e 25 °C para o verão, para um índice de ocupação de 4 pessoas. O consumo de energia para refrigeração no período foi de 1.330 kWh/ano e para aquecimento foi de 290 kWh/ano. O pico máximo de consumo para refrigeração foi de 24,66 kWh, no dia 24 de janeiro, sendo este o valor utilizado para dimensionar o sistema EWHE. O sistema foi dimensionado considerando somente a condição de refrigeração, que é a que exige uma carga mais significativa.

Figura 5: Simulação da demanda por energia térmica feita no software *EnergyPlus*



4.1.1. Dimensionamento do EWHE e demais equipamentos

Para o dimensionamento do RE, partiu-se da temperatura média anual local que é de 18 °C (INMET, 2015) e utilizou-se as Equações 5 e 6 para calcular o volume e profundidade, respectivamente. A Equação 6 foi desenvolvida por (LIER e DURIGON, 2012) para calcular a variação da temperatura do solo de acordo com o tempo e a profundidade.

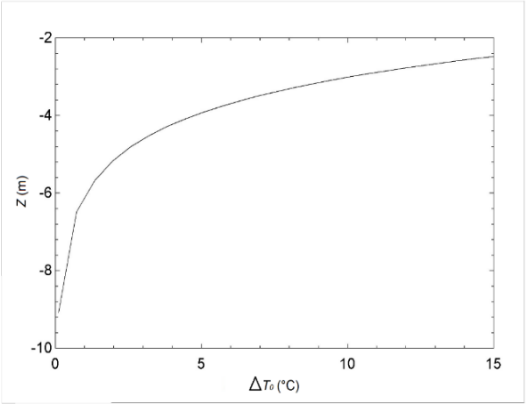
$$T_m(z,t) = \bar{T} + T_0 e^{\left[-\left(\frac{\omega C_v}{2k}\right)^{\frac{1}{2}} z\right]} sin\left[\omega t - \left(\frac{\omega C_v}{2k}\right)^{\frac{1}{2}} z - \frac{7\pi}{12}\right] \quad (6)$$

onde, z é a profundidade do RE, t é o tempo ao longo do ano, $\bar{T}$ é a temperatura média em determinado perfil do solo, T_0 é a amplitude da oscilação, ω é a velocidade angular da Terra, C_v é o calor específico volumétrico e k é a condutividade térmica.

A Figura 6 mostra a curva de variação da temperatura no solo com a profundidade para uma temperatura média anual de 18 °C, obtida por meio da Equação 6. Assim temos que, para um solo não perturbado e na profundidade de 6 m, a temperatura ao longo do ano varia entre 17 °C e 19 °C. Experimentos realizados em diversos países mostram que, independente da temperatura média anual, a oscilação da temperatura no solo com a profundidade é semelhante e corroboram a presente estimativa (WU, WANG e ZHU, 2007 e CHEL, JANSSENSA e DE PAEPEB, 2015).

O volume do RE obtido com a Equação 5 foi 11,5 m^3. A manutenção da temperatura é feita pela troca de calor entre os dois trocadores de calor, EWHE e CHE, operando por um período contínuo de 8 h. Isto significa que, durante o intervalo de 8 horas que a bomba movimenta a água, o CHE entrega calor para o EWHE e depois para o solo, e durante as outras 16 horas ocorre troca de calor somente entre o EWHE e o solo. Para a movimentação dos fluidos entre os trocadores de calor foram considerados equipamentos disponíveis no mercado, uma bomba de água e uma unidade interna de um condicionador de ar Split, que opera como CHE. A vazão da bomba foi obtida por meio do rearranjo das Equação 2 e 3. A otimização do CHE não foi contemplada neste trabalho.

Figura 6: Variação da temperatura do solo com a profundidade



4.1.2. Dimensionamento da geração de energia solar fotovoltaica

Para suprir a demanda diária D_{dia} do sistema EWHE, foi calculado um arranjo FV e um banco de baterias com autonomia para 5 dias sem receber luz solar, conforme mostram as Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Principais características do ventilador e bomba de água

Equipamento	Potência (W)	Vazão de água	Tempo de operação (h)	$\boldsymbol{D_{dia}}$ (Wh)	$\boldsymbol{C_u}$ (Ah)
Bomba	100 W 12 V	20 l m^{-1} / 35 m.c.a	8	904	75,3
Ventilador	13 W 220 V	580 m^3 h^{-1}	8		

Tabela 3: Geração de energia fotovoltaica (FV)

Arranjo PV (2 módulos de 255 W_p) LG255S1C		Banco de baterias (5 dias), 3 baterias de 200 Ah 12 V	
Potência PV (W)	$\boldsymbol{C_{PV}}$ (Ah)	$\boldsymbol{C_u}$ (Ah)	$\boldsymbol{C_n}$ (Ah)
510	130	377	600

onde, C_u é a capacidade útil, C_n é a capacidade nominal,

Este arranjo tem uma capacidade fotovoltaica C_{PV} em torno de 130 Ahd^{-1} para uma condição de dia de céu claro, com a produtividade de referência de 4,5, devendo suprir simultaneamente a demanda diária do sistema de climatização $\boldsymbol{C_u}$, de 75,3 Ah^{-1}, e a recarga do banco de baterias. Maiores detalhes sobre a geração PV e as equações podem ser obtidas em DIAS, J. B, 2006.

5. CONCLUSÃO

Um sistema de climatização natural EWHE, que faz uso de recursos energéticos localmente disponíveis e amplamente acessíveis, como a geotermia e energia FV, foi proposto. Com o EWHE se pretende climatizar edificações residenciais e comerciais, possibilitando dispensar ou reduzir o uso de equipamentos do tipo VCRS.

O Sistema apresentou boa estabilidade térmica durante os meses de setembro e outubro, período em que o solo e a água estavam com sua temperatura próxima aos 20 °C na profundidade de 1 m. Nesse período a temperatura variou 23 °C no ar ambiente, enquanto que no AC variou 6 °C, ficando

em níveis aceitos pela norma ASHRAE STANDARD 55 de 2004. Isso sugere que se instale o RE numa profundidade em que sua temperatura seja constante durante todo ano, no caso de 6 m, onde a temperatura varia entre 17 °C e 19 °C ao longo do ano.
O uso de RE elimina o risco de contaminação do ar no AC por patógenos, aumenta a capacidade de trocas térmicas e reduz significativamente o custo de instalação. Acredita-se que o reservatório opere como bateria térmica armazenando energia ao longo do dia para ser usada em momentos de necessidade, porém este quesito precisa de mais investigação.
A utilização de energia solar FV é opcional. Pode ser instalado um sistema off-grid para regiões remotas, ou para simplesmente evitar o consumo de energia da concessionária para climatização. Somadas, o uso da geotermia e da energia solar fotovoltaica, evitariam a necessidade de consumir energia elétrica da rede da concessionária. Com base na simulação realizada no *EnergyPlus* foi obtido um valor total de 1.330 kWh ano^{-1} de energia para suprir a demanda de refrigeração para uma edificação de 50,25 m^2 e 4 ocupantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSI/ASHRAE STANDARD 55. ANSI/ASHRAE STANDARD 55-2004 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ANSI/ASHRAE. Atlanta, 2004.

ARGIRIOU, ATHANASSIOS A., LYKOUDIS, SPYRIDON P., BALARAS, CONSTANTINOS,

ASIMAKOPOULOS, D. N. Experimental study of a Earth-to-air heat exchanger coupled to a photovoltaic system. Journal of Solar Energy Engineering. Feb. 2004.

Chel, A., Janssensa, A., De Paepeb M. Thermal performance of a nearly zero energy passive house integratedwith the air–air heat exchanger and the earth–water heat exchanger. Energy and Buildings. Gent, Belgium. Mar. 2015.

CHOI, U. S. STEPHEN, EASTMAN, A. JEFREI. Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles. ASME-International Mechanical Congress & Exposition, San Francisco, CA. 1995.
DAMIA SOLAR. Bomba de água. Disponível em: <http://www.damiasolar.com/produtos/bomba_solar/bomba-de-agua-de-superficie-ecosolar-eco1220-12v_da1370_114>. Acesso em: May. 2016.

DHALIWAL, A. S. and GOSWAMI, D. Y. Heat Transfer Analysis in Environmental Control Using an Underground Air Tunnel. ASME J. Solar Energy Engineering. Nov. 2009. Doi:10.1115/1.3267667.

DIAS, J. B. Instalação fotovoltaica conectada à rede: Estudo experimental para a otimização do fator de dimensionamento. 2006. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2006.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> Acesso em Dec. 2015.

INCROPERA, F.P.; WITT, D.P. . Fundamentos de transferência de calor e de massa. 4th. ed. Nancalpan del Juárez, Ed. de México: Prentice Hall, 2011.

JAIN, DILIP and TIWARI, G.N. Modeling and optimal design of ground air collector for heating in controlled environment greenhouse. Energy Conversion and Management. New Delhi, India. Jan. 2002.

KRARTI, MONCEF and KREIDER, JAN F. Analytical Model For Heat Transfer in an Underground Air Tunnel. Energy conversion management. Boulder, USA. Oct. 1994.

LI, Z., ZHU, W., BAI, T., ZHENG, M. Experimental study of a ground sink direct cooling system in cold areas. Energy and Buildings. Shanghai 200032, China. 2009.

LIER, Q.D.J.V.; DURIGON, A. Soil thermal diffusivity estimated from data of soil temperature and single soil component properties. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Piracicaba, SP, Nov. 2012.

NIU, F., YU, Y., YU, D., LI, H. Investigation on soil thermal saturation and recovery of an earth to air heat exchanger under different operation strategies. Applied Thermal Engineering. University of Nebraska-Lincoln, Omaha, NE, USA. 2015.

PROTOLAB. Laboratório de propriedades físicas e prototipação. Araçoiaba da Serra, SP. Disponível em: http://www.protolab.com.br/>. Acesso em: Mar. 2015.

PLANOS CASAS. Plantas de casas populares. Disponível em: <http://planoscasas21.blogspot.com.br/2016/01/plantas-baixas-de-casas-populares.html>. Acesso em: Oct. 2016.

SANTAMOURIS, M. Use of earth-to-air Heat Exchangers for Cooling. Air Infiltration and Ventilation Centre. University of Athens, Greece. 2006.

TAMVAKOLOGOS, M., KARNEZI, S., LEFAUCHEUR, J-L., TSIRONIS, I., RODI, F. Hybrid Energy Systems in Future Low Carbon Buildings / Earth to air heat exchange through buried pipes. University of Strathclyde Glasow. Disponível em: <http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/09-10/Hybrid_systems/earthtoair.htm>. Acesso em: Apr. 2015.

Wu, H.; Wang, S.; Zhu, D. Modelling and evaluation of cooling capacity of earth–air–pipe systems. Science Direct - Energy Conversion and Management. Guangzhou, P.R. China. 22 Feb. 2007.

544. MODELO DE GERAÇÃO COOPERATIVA PARA ATENDIMENTO DO CONSUMO ENERGÉTICO DAS ÁREAS DE LAZER PÚBLICAS DE SANTA MARIA/RS

LOURENÇO, Willian Magalhães de[1](creativearquiteto@gmail.com); PANIZ, Evelyn[1](evelyn.paniz@gmail.com); WOLOSZYN, Maraysa[1] (arq.maraysa@gmail.com); SANTOS, Ísis Portolan dos[1] (isisporto@gmail.com).*
[1]Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil.
**Autor correspondente*

RESUMO
Devido ao aumento da população mundial e à crescente demanda de energia, é necessário começar a utilizar outras fontes limpas para produção, sendo assim, este artigo tem como objetivo avaliar uma edificação pública e seu potencial de contribuição para geração de energia para áreas de lazer na cidade, na forma de cooperativa, reduzindo impactos ambientais e orçamentários em gastos públicos. Nesta pesquisa contém o dimensionamento de uma central de mini geração de energia solar fotovoltaica integrada a um espaço público destinado ao lazer no centro da cidade de Santa Maria/RS; trata-se do Centro Desportivo Municipal, conhecido como Farrezão. Como o edifício possui grande dimensão em área de cobertura, é possível instalar mais painéis do que é necessário para abastecer o consumo próprio, podendo assim, através do sistema de geração compartilhada produzir energia elétrica para outras áreas de lazer da cidade. Este sistema está previsto na REN nº 687/2015 da ANEEL e possibilita que a geração de energia no prédio do Farrezão seja distribuída para outros espaços públicos, onde neste trabalho a proposta é de distribuir a energia gerada para duas praças municipais. Para viabilizar o estudo foi necessário conhecer a área de cobertura disponível na edificação bem como a demanda do consumo de energia elétrica mensal do edifício a ser implantado a tecnologia, e também das praças que se propõe o compartilhamento do produto gerado pelos painéis fotovoltaicos. O projeto de mini geração de energia solar fotovoltaica leva em consideração as características estéticas da edificação e tem como intuito não impactar negativamente ao projeto arquitetônico, aliando forma, função e sustentabilidade. Portanto, a utilização de grandes áreas de cobertura em edifícios públicos evidencia a racionalização dos recursos ambientais em detrimento dos benefícios econômicos, sociais e culturais trazidos pela pesquisa.
Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica; painéis fotovoltaicos; prédios públicos; áreas de lazer; praças.

COOPERATIVE GENERATION MODEL FOR ENERGY CONSUMPTION OF THE PUBLIC LEISURE AREAS IN SANTA MARIA / RS

ABSTRACT
Due to the increase of the world population and the increasing energy demand, it is necessary to start using other clean sources for production, so, this paper aims to evaluate a public building and its potential contribution to generate energy for leisure areas in the City, in the form of a cooperative, in order to reduce environmental and budgetary impacts on public speding. This research contains the design of a mini solar photovoltaic power plant integrated into a public space for leisure in the city center of Santa Maria / RS; It is the Centro Desportivo Municipal, known as Farrezão. As the

building has a large size in the area of coverage, it is possible to install more panels than is necessary to supply the own consumption, and thus, through the shared generation system, produce electricity for other leisure areas of the city. This system is provided for in REN nº 687/2015 of ANEEL and allows the generation of energy in the Farrezão building to be distributed to other public spaces, where in this work the proposal is to distribute the energy generated to two municipal squares. In order to make the study feasible, it was necessary to know the coverage area available in the building as well as the monthly electricity consumption demand of the building to be implanted the technology, and also of the squares that propose the sharing of the product generated by the photovoltaic panels. The mini-generation solar photovoltaic project takes into account the aesthetic characteristics of the building and its purpose is not to negatively impact the architectural design, combining form, function and sustainability. Therefore, the use of large areas of coverage in public buildings evidences the rationalization of environmental resources to the detriment of the economic, social and cultural benefits brought by the research.
Keywords: Photovoltaic solar energy; photovoltaic panels; Public buildings; Leisure areas; Squares

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da sociedade o homem sempre esteve em contato direto com a natureza, onde o remanejo dos recursos naturais do planeta e a sobrevivência do ser humano são fatores intrínsecos, decorrente de o homem necessitar desses recursos para sobreviver. Em consequência da evolução dos povos, os recursos naturais foram cada vez mais mitigados, pondo em risco a adaptação em locais específicos do planeta. Devido aos problemas ambientais constantes, causados pelo uso das energias não renováveis e também à escassez dessas fontes, fica evidente que se deve fomentar o uso de fontes alternativas de energia. A sustentabilidade projetual e construtiva é sem dúvida a melhor saída para o reaproveitamento desses recursos, e exige ação multidisciplinar onde todos os requisitos devem ser pensados desde a concepção do projeto, até a etapa de construção.

A energia solar é uma fonte inesgotável, limpa e não é agressiva em relação ao meio ambiente. Pode ser obtida de forma direta (células fotovoltaicas) e indireta (usinas coletoras). Esta pesquisa terá como finalidade desenvolver a consciência de que a sustentabilidade não é um ponto a ser pensado e projetado apenas em edificações privadas, mas pode ser implementada também nos projetos de uso público, e a geração de energia pode ser compartilhada com outros espaços quando há possibilidade de implantar os arranjos fotovoltaicos em grandes extensões de coberturas.

Desta forma, a pesquisa visa demonstrar a escala de utilização dessa consciência, e se existem políticas públicas para promover o uso de energia fotovoltaica em edifícios públicos, além de apresentar os benefícios do sistema, e instigar o uso da geração de energia compartilhada como proposta para a solução em gastos em energia elétrica nos cofres públicos, caracterizando um assunto de âmbito global, pois na maioria das vezes, não são percebidas as agressões feitas ao meio ambiente e os gastos com a máquina pública.

Os benefícios da energia solar fotovoltaica são perceptíveis a todos, através do interesse econômico, pois com a geração de energia elétrica compartilhada que os sistemas promovem, causam impacto em redução de tarifas de energia, da valorização patrimonial e também da redução de uso das termoelétricas que é uma geração cara. Deste modo é possível reduzir a inflação da geração de energia, e através da utilização da tecnologia, promove o acesso à geração de empregos, renda e também a lugares remotos onde não possuem outras fontes de energia. Segundo (MARX, K. 2008, p. 47) não é a consciência dos homens que lhe determina o seu ser; ao contrário, o seu ser social que lhe determina a consciência. No que tange eficiência energética e

produção de energia elétrica através da radiação solar, é imprescindível que os espaços públicos sejam dotados dessas tecnologias, a fim de proporcionar um menor impacto e também a economia para os gastos de energia.
A aplicabilidade da pesquisa utiliza do método de propor dois cenários para o uso da grande área de cobertura do ginásio Centro Desportivo Municipal, conhecido como Farrezão, em Santa Maria/RS, a fim de gerar energia fotovoltaica na forma de cooperativa, atendendo outros pontos de consumo, neste caso outras duas áreas públicas de lazer na cidade. A primeira análise, denominado como Cenário 01, se dá pela demanda dos pontos consumidores da cooperativa proposta pelo trabalho, utilizando apenas a área de cobertura necessária para suprir a demanda da cooperativa. Assim, os painéis fotovoltaicos são distribuídos apenas em uma das águas do telhado, na orientação solar leste, de forma a receber a maior irradiação solar disponível correlativamente ao projeto arquitetônico existente, essa demanda é suprida com facilidade, pois há uma abundante área de cobertura disponível.
Por conseguinte, a segunda análise, denominado como Cenário 02, se dá através do potencial gerador, e não apenas levando em consideração a demanda existente das unidades consumidoras da cooperativa. Esse potencial é concebido através da projeção dos painéis solares na mesma água do telhado do Cenário 01, porém utilizando toda a área total disponível para a implantação do sistema. Tendo em vista que, utilizando em sua totalidade de área, a geração de energia será suficiente para abastecer a cooperativa, e indo além da estimativa de demanda que era anteriormente necessária. Fazendo jus a proposta, que tem como intuito fomentar o uso da energia limpa em edifícios públicos e impactar diretamente na economia municipal. O restante da energia ficaria a disposição de demais unidades consumidoras, e também de ser devolvida ao sistema de distribuição e realocada para outros fins.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

O edifício deve ser visto como um organismo vivo, com seus complexos sistemas e interconexões, dos quais depende o seu funcionamento e deve ser analisado como um todo, um conjunto de materiais utilizados para uma única finalidade – a do habitat (VIANNA, 2012). A especificação de cada material é fundamental, contudo a análise isolada dos mesmos tornará, em algum momento inviável a sustentabilidade da edificação. As soluções adotadas pelos profissionais da área são de grande responsabilidade e determinantes no que diz respeito ao consumo de energia e o impacto ambiental na especificação de materiais. Keller e Burkek (2010) salientam que a prática de projetar de maneira sustentável é um projeto integrado da edificação.
Para Rüther (2004), as instalações solares fotovoltaicas e interligados à rede elétrica pública, são um exemplo de aplicação ideal destes sistemas, onde picos de consumo e geração são muitas vezes coincidentes, aliviando assim o sistema de distribuição da concessionária elétrica. A utilização de uma fonte limpa e renovável de energia em edifícios públicos, consumidores de grandes quantidades de energia destinadas principalmente à climatização artificial, representaria uma grande contribuição ao meio ambiente. Talvez aos cofres públicos não fosse interessante inicialmente, mas em longo prazo, com certeza sim (VIANNA, 2012).
Nos países desenvolvidos fortes incentivos são concedidos para a instalação de sistemas fotovoltaicos e tem um grande crescimento ao redor do mundo nos últimos anos. Através das informações de MME/EPE (2014), dados da *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA), a capacidade mundial instalada atingiu a marca de 139 GWp em 2013, resultando em uma CAGR de 43% entre 2000 e 2013 (EPIA, 2014). Até o início dos anos 2000, a tecnologia era utilizada

majoritariamente em sistemas isolados, enquanto atualmente mais de 95% são sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR). Esta grande evolução foi fruto de programas de incentivos à fonte, promovidos por países como Alemanha, Austrália, China, Espanha, EUA, entre outros. Os valores no investimento caíram significativamente conforme a capacidade instalada aumentava, como reflexo da curva de aprendizagem e dos ganhos de escala (MME/EPE, 2014).

A legislação nesses países prevê que a concessionária poderá comprar a energia excedente da unidade consumidora, o qual incentiva a produção, e nos sistemas ligados a rede há uma tarifa premio no preço da energia (VIANNA, 2010). Os sistemas fotovoltaicos são utilizados onde geralmente o custo ambiental da energia elétrica convencional é alto, onde a matriz energética é o carvão, o gás mineral e a energia nuclear. A produção mundial de painéis fotovoltaicos cresceu 51% em 2007, para 3.733 MW, segundo novo estudo divulgado pelo *World Wacht Institute* (WWI) e feito em parceria com o *Prometheus Institute*. A capacidade instalada cresceu 2.935 MW, acumulando 9.740 MW de geração em todo o mundo.

Segundo Geller, (2003 apud Viana, 2010), o Japão e a Alemanha são líderes mundiais em residências com energia elétrica providas da energia solar fotovoltaica, que por sua vez, reduziu consideravelmente o custo para a instalação do sistema. Isso se deve ao investimento em programas do governo federal, que oferece subsídios de capital considerável para sistemas fotovoltaicos para telhados.

MME/EPE (2014) relata que o Brasil possui enorme potencial, por apresentar maior incidência solar e por suas tarifas de energia elétrica estar em patamares parecidos aos países líderes em capacidade instalada de geração distribuída fotovoltaica urbana. Porém, a capacidade instalada é pouca, por isso busca superar algumas barreiras para a inserção da fonte na matriz brasileira. Vianna (2010) destaca que de maneira geral, o custo dos sistemas fotovoltaicos ainda é alto no mundo. O custo dos equipamentos para captação de energia solar e o próprio painel fotovoltaico são altos porque não são produzidos no Brasil. A inserção do sistema fotovoltaico no Brasil teve algumas etapas iniciais na regulamentação da legislação e segue em fase de adequação. O ponto inicial dessa inserção foi em 1994, através do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), que conforme informações do material da ABINEE (2012) promoveu a aquisição de sistemas fotovoltaicos por meio de licitações internacionais. Foi instalado o equivalente a 5 MWp em aproximadamente 7.000 comunidades em todo Brasil.

Com o intuito de atender localidades remotas, por conta dos custos elevados, no ano de 2002, a ANEEL iniciou estudos para a instalação de SIGFIs (Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes), o que resultou na publicação da Resolução Normativa nº 83/2004, posteriormente revogada e substituída pela Resolução Normativa nº 493/2012, a qual regulamenta também o fornecimento de energia por meio dos MIGDIs (Microssistemas Isolados de Geração e Distribuição de Energia Elétrica) (PINHO e GALDINO, 2014). Em 2003, foi instituído pelo Governo Federal o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Programa Luz para Todos (LpT), através do Decreto nº 4.873/2003, e alterado pelo Decreto nº 6.442/ 2008, para prover o acesso à energia elétrica a todos os domicílios e estabelecimentos do meio rural (PINHO e GALDINO, 2014).

A regulamentação para os sistemas fotovoltaicos conectados a uma rede de distribuição foi definida pela ANEEL, no ano de 2012, a partir da publicação da Resolução Normativa – REN nº482, de 17 de abril de 2012, criando o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, onde o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade (ANEEL, 2016). Em 2015, após verificar diversos pontos da regulamentação que necessitavam aprimoramento, através de Audiência Pública, culmina a publicação da Resolução Normativa – REN

nº687, a qual revisou a REN nº 482/2012 e a seção 3.7 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST.
Dentre as mudanças da REN nº 687/2015, em vigor em março de 2016 estão: (i) os créditos de energia elétrica adquiridos por proprietários de micro e minigeração participantes do Sistema de Compensação de Energia Elétrica serão calculados com base em todas os componentes da tarifa de energia elétrica, ou seja, integralmente; (ii) o autoconsumo remoto permitirá que um gerador utilize créditos em outra unidade consumidora; (iii) a geração compartilhada possibilitará que diversos interessados se unam em consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas; (iv) o tempo de duração de créditos foi expandido, passando de três para cinco anos. Já o prazo total para as distribuidoras conectarem as usinas de até 75 kw, que era de 82 dias, foi reduzido para 34 dias; (v) a geração em condomínio, os condôminos com pouca área de telhado, como um prédio, podem repartir a energia gerada entre os moradores, desde que a geração esteja na mesma área de propriedade do condomínio ou empreendimento.
Ainda no ano de 2015, o Congresso Nacional Brasileiro apresentou o Projeto de Lei nº 161 para utilizar energia solar fotovoltaica e/ou energia eólica em todas as edificações pertencentes à administração pública. Programas de governo caminham no sentido da utilização de fontes alternativas de energia, conferindo um perfil sustentável a gestão pública; e mais do que isto, sendo precursores da utilização de fontes alternativas integradas a edifícios e contribuindo com a popularização da tecnologia Fotovoltaica (VIANNA, 2012).
No Rio Grande do Sul, a Secretaria de Minas e Energia fez um anúncio em que será isento de imposto a circulação de mercadorias e serviços (ICMS) para os tipos de geração de energia solar no estado, tanto de mini e micro geração. Esse tipo de produção de energia é prioridade no plano energético do estado, com grandes perspectivas para a inserção desta matriz energética, com o intuito de que se torne financeiramente viável e seja impulsionada na geração distribuída, tanto para uso isolado como em redes conectados a rede de distribuição. É importante salientar que, a Lei Nº 14898 de 05/07/2016, institui a Política Estadual de Incentivo ao Aproveitamento da Energia Solar.

3. OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é avaliar uma edificação pública em Santa Maria/RS e seu potencial de contribuição para geração de energia a fim de atender a demanda de outras duas áreas públicas de lazer na cidade, em forma de cooperativa.
De forma atingir o objetivo geral, destacam-se os seguintes objetivos específicos: (i) definir edifício público com potencial para geração de energia em forma de cooperativa; (ii) analisar o consumo dos pontos de consumo de energia; (iii) determinar a área de cobertura da edificação; (iv) definir, pré-dimensionar e exemplificar a implantação do sistema. Ainda como objetivo específico destaca-se a possibilidade de utilizar toda a área de uma das águas do telhado da edificação, demonstrando o seu potencial gerador e fazendo um paralelo: demanda versus geração.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Tendo em vista a necessidade de gerar energia nos espaços públicos de lazer da cidade de Santa Maria/RS, este trabalho propõe um projeto de geração de energia fotovoltaica para o Farrezão. Como a cobertura da edificação é grande, há possibilidade de instalar um sistema de geração que abasteça não só o prédio, mas também duas praças: Saldanha Marinho e Parque Itaimbé (Cenário

01). Esta edificação possui capacidade (quando se fala em área disponível para instalação de módulos) para gerar ainda mais energia, que poderia abastecer não só as áreas de lazer como outros espaços municipais (Cenário 02).
Com o propósito de avaliar o potencial gerador e dimensionar um sistema para mini geração de energia solar fotovoltaica, aplicado ao ambiente construído em espaços públicos de lazer em Santa Maria, RS, os procedimentos metodológicos adotados foram: (i) Revisão da literatura, das políticas públicas e das normas que versam a respeito de geração de energia solar fotovoltaica; (ii) Estudo e definição dos ambientes públicos de lazer de Santa Maria; (iii) Definição das áreas de geração compartilhada; (iv) Dimensionamento do sistema de mini geração Fotovoltaica para o Cenário 01, cujas etapas são: encontrar a média mensal de consumo da edificação; identificar a média diária de irradiação e o percentual de irradiação disponível para a posição da cobertura da edificação escolhida; calcular a potência necessária; escolher o módulo a ser utilizado através da planilha do INMETRO; identificar a área necessária para instalação e a integrar à arquitetura da edificação; (v) Verificação de potencial para o Cenário 02: a proposta é utilizar toda a área cobertura leste da edificação com os mesmos módulos do Cenário 01 e verificar qual seria a potência instalada; (vi) Elaboração de um gráfico conclusivo de geração de energia da edificação para os Cenários 01 (que só considera a demanda) e 02 (que considera o potencial máximo de produção da edificação) versus demanda do sistema de cooperativa afim de demonstrar sua eficiência.
Será calculada a quantidade de módulos necessária para suprir a demanda energética do Farrezão e de duas praças municipais, no entanto, devido à extensa cobertura da edificação, será possível fazer uma projeção de instalação de uma central de mini geração de energia que poderia abastecer outros pontos da cidade, além das praças. Para este segundo cenário o cálculo seria inverso: Verificar quantos painéis são necessários para cobrir a área da cobertura leste da edificação e assim fazer o cálculo da potência do sistema de mini geração de energia.

4.1. Edificação e unidades consumidoras

O Centro Desportivo Municipal (CDM) conta com quatro ginásios sendo três poliesportivos e um de atendimento à prática de lazer e atividades físicas. As atividades realizadas no CDM são ligadas à prática de esportes e atividades recreativas, de dança, artes plásticas, música e teatro. No complexo, os ginásios são cedidos para as aulas de Educação Física das escolas, para clubes, equipes esportivas, entidades filantrópicas, repartições públicas e comunidade em geral.
Por ser uma edificação de uso misto, com quadras, arquibancadas e estruturas de grande área construída, considerada a maior cobertura da cidade de Santa Maria, contando com mais de 6 mil m². A parte retangular da cobertura possui 60mX100m. Localizado na Rua Appel, nº 798 no Bairro Fátima em Santa Maria, RS é coordenado pela Superintendência de Esportes e Lazer da Prefeitura municipal e funciona das 07h30 às 23h30.
É importante ressaltar a localização das praças que farão parte do sistema de geração compartilhada para o Cenário 01: a Praça Saldanha Marinho marca o início da Rua do Acampamento, na zona central da cidade, e o Parque Itaimbé se encontra na Avenida Itaimbé, próximo à prefeitura.
No Cenário 02, a utilização total da cobertura leste da edificação para o sistema de mini geração compartilhada em cooperativa é uma sugestão para aproveitar o potencial e gerar energia para outros espaços municipais além das praças citadas, como escolas e iluminação pública.

4.2. Consumo de energia elétrica

Para o Cenário 01 o consumo de energia elétrica dos espaços públicos destinados ao lazer de Santa Maria é conhecido e está associado basicamente aos custos de iluminação e manutenção

das atividades do Centro Desportivo Municipal (Farrezão). A demanda energética mensal é obtida através das contas de energia elétrica constam na Tabela 1.

Tabela 1**.** Demanda energética total mensal e média mensal anual dos espaços públicos de lazer

Demanda energética mensal (kWh)			
Mês	**Farrezão**	**Praça Itaimbé**	**Praça Saldanha Marinho**
Janeiro/2016	9360	4304	5454
Fevereiro/2016	9600	4574	2853
Março/2016	9840	4086	3254
Abril/2016	12000	4829	1867
Maio/2016	15600	4811	4967
Junho/2016	15600	4303	2403
Julho/2016	15840	4554	2677
Agosto/2016	17520	4692	2236
Setembro/2016	18480	4335	2471
Outubro/2015	17280	4546	2830
Novembro/2015	12960	4939	2192
Dezembro/2015	12480	4061	5839
Demanda energética média mensal anual (kWh)	**13880**	**4502**	**3253**

Já para o Cenário 02, o consumo de energia não é conhecido, portanto o cálculo é feito de forma inversa (pois se conhece a área de painéis e com isso calcula-se a potência total máxima).

4.3. Dimensionamento do sistema de mini geração de energia

O cálculo para dimensionamento do sistema de painéis fotovoltaicos foi realizado no Software Excel utilizando a Equação 1:

$$Pot = E/[GpoaxRx(1 - IrrS)xIrrp] \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: *Pot = Potência instalada dos módulos fotovoltaicos ou potência atingida a partir da radiação incidente no módulo (kWp/kWp); E = Energia gerada pelo sistema (kWh/dia); Gpoa = Média mensal do total diário da irradiação solar incidente no plano do arranjo fotovoltaico (kWh/m²/dia); R = Rendimento do sistema, inversor e conexões (utilizado o valor de 80%); IrrP = Irradiação ponderada pela posição (sendo a posição já considerada no Radiasol por isso será considerado 100% na equação), indicado em %; IrrS = Não recebimento da irradiação ocasionado pelo sombreamento (estimado a partir de modelos de previsão do movimento solar como o SKETCHUP, ou softwares específicos como o PVSYST), indicado em %.*

A potência foi estimada considerando que a cobertura do prédio não tem sombreamento. A disponibilidade de radiação solar em média diária é de Gpoa = 4,38 kWh/m² dia, conforme dados do Radiasol para radiação inclinada. A energia gerada pelo sistema foi considerada a mesma requerida pelas praças e Farrezão. Para definir o valor de irradiação no Radiasol foi necessário verificar o desvio azimutal e o ângulo de inclinação dos painéis com relação ao norte. A edificação possui um desvio azimutal de α=83º com relação ao norte e o ângulo de inclinação dos painéis é de 15% ou 8,5º.

Por fim, para estimar o número de módulos foi escolhido o módulo a partir da tabela do INMETRO e aplicada a Equação 2 para definir o número de módulos a serem instalados para atender à demanda.

$$nMód = PotTotal/Pot.Mód \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde: nMód = número de módulos a ser utilizado; PotTotal = valor identificado na Equação 1 (kWp); Pot.Mód = valor indicado pelo fabricante do módulo (kWp em STC).

4.4. Definição do tipo de painel fotovoltaico

Por meio da tabela do INMETRO é possível verificar todos os produtos disponíveis no mercado. Foi escolhido o painel de silício policristalino com potência de 250W=0,25kwp. Possui 1,63 m² com dimensões de 1640 x 982 mm. Este painel conta com uma eficiência energética de 15,4%, sua produção média de energia é de 31,26kWh/mês, a temperatura máxima para funcionar em condições ideais é 45ºC, sua potência é de 250W. A tensão e a corrente são respectivamente: 37,5 V e 8,95 A. Cada painel pesa 20kg.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicando as Equações 1 e 2 descritas na metodologia para os dados de consumo da Tabela 1 tem-se os resultados apresentados na Tabela 2 para o Cenário 01. O dimensionamento foi feito separadamente para o Farrezão e para o somatório da demanda das praças. O total de painéis a serem instalados abastecerão tanto a demanda do edifício quanto a das duas praças.

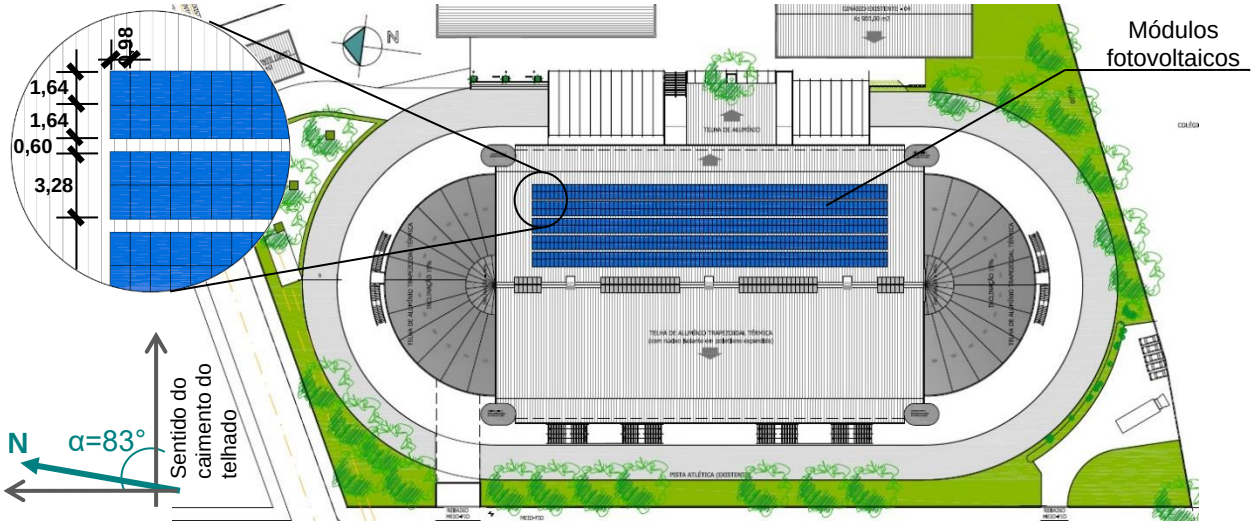
Com o objetivo de dispor os módulos de forma a não afetar a arquitetura da edificação, os módulos foram dispostos para o Cenário 01 conforme a Figura 1. Foi definido que os módulos estariam dispostos paralelamente ao eixo da cobertura, lado a lado. Os 1.345m² de módulos dispostos na aba leste do telhado ficaram de acordo com a inclinação de 8,5º ou 15% das telhas e afastados o suficiente para circulação de ar abaixo dos módulos. Também foi considerado um espaçamento de 60 cm entre as fileiras de módulos para possíveis manutenções.

Tabela 2. Resultados do dimensionamento do sistema de mini geração fotovoltaico a ser instalado.

	Farrezão	**Praças**
Demanda energética média mensal anual (kWh)	13880	7757
Disponibilidade de radiação solar em média diária (kWh/m² dia)	4,38	
Posição de instalação	Azimute 83º e inclinação de 8,5º	
Potência instalada necessária (kWp)	131,93	73,72
Tipo de módulo a ser utilização	Silício Poli Cristalino	
Potência do módulo (kWp)	0,25	
Quantidade de módulos	530	295
Total de módulos para demanda do Farrezão+praças	Total: 825 módulos ou 1.345 m² de painéis instalados	
Total de potência instalada (kWp)	206,25	

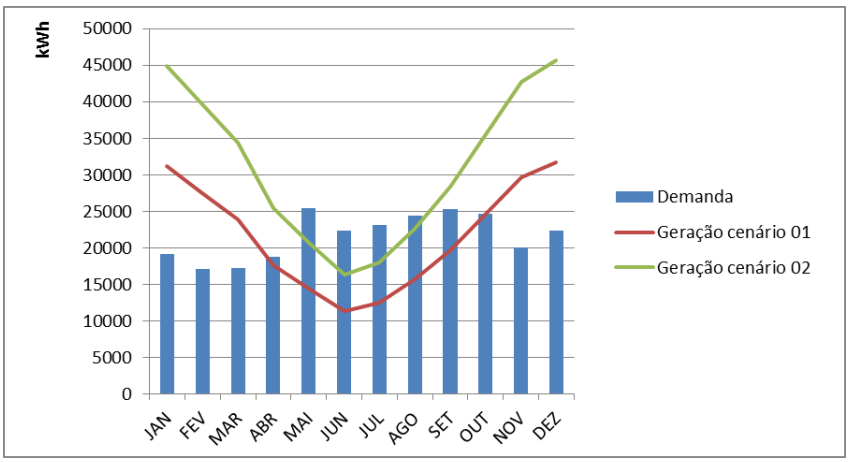
Para o Cenário 02 os resultados foram obtidos de forma inversa: foi calculado o número de módulos para preencher a área leste da cobertura da edificação (já considerando os espaços de manutenção e afastamentos). Com o número de módulos foi possível calcular a potência máxima que pode ser instalada na edificação. Em ambos cenários a integração com o projeto arquitetônico dá-se de forma funcional, com a geração de energia, com sua autossuficiência energética, e também com a preocupação de ser compartilhada com outros dois espaços públicos de lazer. Quanto a estética da edificação, por se tratar de um edifício com dimensões de grande porte, o número de painéis fotovoltaicos não seria suficiente para ser utilizado como revestimento arquitetônico. As fachadas também sofrem grande interferência do entorno através da massa vegetativa que está localizada ao redor. A cobertura oeste também fica sombreada, por isto a escolha da cobertura leste.

Figura 1. Disposição dos módulos na planta de cobertura do Farrezão no Cenário 01.



O Gráfico 1 propõe confrontar os resultados dos dois cenários com a demanda da cooperativa (consumo do Farrezão mais as duas praças). É possível observar que nos meses de inverno a potência de geração cai (em função da diminuição da radiação solar), justamente na época que o consumo de energia aumenta visto que a iluminação fica ligada mais tempo. Também é possível notar que em ambos os cenários, utilizando apenas o número de módulos necessário sugerido pelo dimensionamento ou utilizando toda a cobertura possível da edificação, ainda não é suficiente para gerar toda a energia consumida no inverno. Isso se deve ao fato dos cálculos terem como base a média de consumo. No sistema de cooperativa é possível redistribuir essa energia excedente gerada no verão para outras unidades do mesmo consumidor (neste caso a Prefeitura Municipal de Santa Maria) além das duas praças utilizadas como exemplo neste trabalho.

Gráfico 1. Gráfico demonstrativo da geração nos Cenários 01 e 02 pela demanda de energia.



6. CONCLUSÃO

O Farrezão é um espaço de grande relevância para Santa Maria, pois trata de um espaço estruturador da cidade, e culturalmente importante, pois os cidadãos usufruem do espaço com práticas de lazer, nesse sentido, foi mantido suas características arquitetônicas e utilizado como caráter preponderante a cobertura para partido das soluções adotadas. A importância do estudo aplicado a um edifício público conectado à rede elétrica urbana busca demonstrar a viabilidade da aplicação da tecnologia proposta e popularizar a utilização da mesma.

A eficiência dos painéis FV é um fator importante na hora da escolha, porém outros aspectos devem ser analisados como a integração arquitetônica com a edificação, a resistência às altas temperaturas, os custos dos painéis, desgastes, dimensões, entre outros. Por ser uma tecnologia recente, a geração fotovoltaica possui alguns empecilhos para sua disseminação. Os painéis solares não atingem rendimentos que se justifiquem e o mercado tem dificuldades de suprir as necessidades para geração de potências mais elevadas. Frente aos desafios de geração de energia no contexto atual, o potencial da energia solar não pode ser ignorado e uma das formas de disseminar esta cultura é desenvolver projetos e políticas públicas eficientes neste sentido.

Com esse estudo pode-se concluir que através das análises e das diretrizes estabelecidas sobre a energia fotovoltaica no Brasil para o sistema de cooperativa, é benéfico para todo o contexto da inserção e também como beneficio social e econômico para o poder público, onde é possível redistribuir a energia gerada durante o ano, contribuindo para outros pontos de consumo, mesmo quando a geração é menor que a demanda, pois nos demais meses, a geração se sobrepõe a demanda e de contra partida o excedente de energia gerada é injetada a rede elétrica. Portanto é importante que a comunidade acadêmica aborde o tema, pois está intrínseco de que a inclusão de tecnologias sustentáveis deve ser difundida na sociedade como um todo, a fim de proporcionar um mundo igualmente mais justo e habitável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica.** 2ª Edição. Brasília: ANEEL, 2016.

Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica), LCA Consultores e PSR Soluções e Consultoria em Energia. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira.** 2012.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem. **Tabela de Eficiência Energética - Sistema de Energia Fotovoltaica - Módulos – edição 01/2016**. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaico_modulo.pdf>. Acesso: 07 dez 2016.

KEELER, M.; BURKE, B.. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010.

MME – Ministério de Minas e Energia; **EPE** - Empresa de Pesquisa Energética. Nota Técnica DEA 19/14: **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**; Série: Recursos Energéticos. Rio de Janeiro. 2014.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A.. Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltaica (CRESESB/CEPEL). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**; CEPEL-CRESESB. Edição Revisada e Atualizada. Rio de Janeiro, 2014.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas interligadas à rede elétrica pública no Brasil** – 1ª edição. Editora UFSC/LABSOLAR. Florianópolis, 2004.

VIANNA, Elen Oliveira. **Integração de Tecnologia Fotovoltaica em Edifícios Públicos. Estudo de Caso do Fórum de Palmas – TO**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2010.

EURO ELECS 2017

INOVAÇÃO E MELHORIA NOS MATERIAIS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS

REALIZAÇÃO: UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

PROMOÇÃO: ANTAC

APOIO / PATROCÍNIO: CAPES, CNPq, FAPERGS, CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul INTEGRANDO PROFISSIONAIS E SOCIEDADE

SUMÁRIO

5. A EFICIÊNCIA DOS TELHADOS VERDES NO ESCOAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL..... 1237

45. A DURABILIDADE DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA E DE COBERTURA DA EMEI DA VILA SANTA ROSA..... 1249

67. ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DO DESENVOLVIMENTO DE CONCRETO PERMEÁVEL COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E ADIÇÃO DE FIBRAS 1259

68. REQUISITOS DE QUALIDADE PARA O PROJETO DA NORMA BRASILEIRA DE PAREDES DE TAIPA DE PILÃO 1269

87. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO EM EDIFICAÇÕES EMPREGANDO A ENGENHARIA DO VENTO COMPUTACIONAL 1279

99. ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO ACÚSTICO DO CONTRAPISO CONVENCIONAL E PRODUZIDO COM CASCA DE ARROZ COM DIFERENTES REVESTIMENTOS 1289

152. PERCEPÇÃO DE VALOR SOBRE A TAIPA DE PILÃO 1299

161. APORTES PARA CORRELACIONAR RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y A EROSIÓN HÚMEDA EN BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC) 1311

174. INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA COMO PIGMENTO EM ARGAMASSAS..... 1321

178. INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONFECÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PERMEÁVEL PARA PAVIMENTAÇÃO..... 1333

185. SOLO-CIMENTO: AVALIAÇÃO QUANTO À SUSTENTABILIDADE E HABITABILIDADE SEGUNDO A NBR15.575..... 1345

225. CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE CONTRAPISOS PRODUZIDOS COM POLIURETANO EM SUBSTITUIÇÃO DE AREIA 1357

247. PERCEPÇÃO DE NÃO USUÁRIOS SOBRE O MÉTODO CONSTRUTIVO EM LIGHT STEEL FRAMING. 1369

274. COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE PISOS PERMEÁVEIS PARA USO EXTERNO ATRAVÉS DE MÉTODO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO 1381

282 QUANTIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS..... 1391

293. AVALIAÇÃO DO USO DE FIBRA CELULÓSICA CONTENDO POLÍMERO SUPERABSORVENTE RESIDUAL COMO AGENTE DE CURA INTERNA EM MATRIZ DE CIMENTO PORTLAND..... 1403

304. COMPORTAMENTO DE SISTEMA MISTO DE PAREDE COM EPS E ARGAMASSA PROJETADA FRENTE AOS ENSAIOS DE DURABILIDADE DA ABNT NBR 15575-4:2013 e ASTM D3273:2016 1415

305. MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL: ASSOCIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS 1427

396. USO DO PÓ DE ROLAGEM DE ÁGATA EM ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND BRANCO FRENTE ÀS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DURABILIDADE..... 1439

407. ESTUDO DOS RESÍDUOS GERADOS DO REVESTIMENTO EXTERNO DE ARGAMASSA DE UMA OBRA..... 1449

431. ESTUDO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE CUIABÁ-MT 1461

445. ANÁLISE DO POTENCIAL DO VIDRO VULCÂNICO NO DESENVOLVIMENTO DE CIMENTOS ÁLCALI-ATIVADOS 1473

450. ESTUDO DO DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE REVESTIMENTOS EM ALVENARIA – COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMA TRADICIONAL E MECANIZADO..... 1483

469. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PROTEÇÃO DO CIMENTO COM ADIÇÃO DE SÍLICA ATIVA SOB AÇÃO DE CO_2 E ÍONS CLORETOS 1493

482. OPÇÃO POR PRODUTOS LEVES: USO DO PAPELÃO ONDULADO NO DESIGN DE MOBILIÁRIO 1503

504. INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE AGRAGADO RECICLADO EM CONCRETOS: UM ESTUDO DO CISALHAMENTO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS 1519

507. REAPROVEITAMENTO DA CONCHA DE MARISCO COMO AGREGADOS EM ARGAMASSAS E CONCRETOS NÃO ESTRUTURAIS 1531

5. A EFICIÊNCIA DOS TELHADOS VERDES NO ESCOAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL

HERMANN, Karin Daniela[1] (karin.hermann@outlook.com); CAETANO, Marcelo Oliveira[1] (mocaetano@unisinos.br); SILVA, Isabela da[1] (isabeladasilva0101@gmail.com), DAI-PRÁ, Léa Beatriz[1] (biadaipra@gmail.com), GOMES, Luciana Paulo[1] (lugomes@unisinos.br)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Uma das consequências dos processos de urbanização, refere-se à modificação do uso e ocupação do solo. Destaca-se, principalmente, o avanço de áreas impermeáveis. Isto traz impactos significativos ao equilíbrio hídrico dos municípios, ocasionando o aumento do escoamento superficial das águas de chuva e frequentes inundações dos centros urbanos. A problemática apresentada carece de soluções técnicas para controle destas águas pluviais, sendo este o tema desta pesquisa. Desenvolveu-se um trabalho experimental que testou o desempenho de diferentes tipos de telhados: telhado verde, telhado convencional com telhas cerâmicas e laje impermeabilizada. O protótipo foi projetado e construído na cidade de Gramado/RS e objetivou determinar o volume de água escoada nos diferentes telhados estudados. Os resultados evidenciaram que as coberturas vegetadas, são mais eficientes na redução e retardo do escoamento superficial. O telhado verde foi capaz de escoar 4,1% de toda a água precipitada durante o período de estudo. Para a telha cerâmica o índice de escoamento foi de 34,8% e para a laje de concreto a capacidade de escoamento foi igual a 56,8%. As análises de variância ANOVA e Tuckey, considerando um intervalo de confiança de 95%, demostraram diferenças significativas entre os resultados obtidos, atestando a eficiência do telhado verde em relação aos demais. Embora esta eficiência, os custos de implantação de telhados verdes se mostraram superiores em relação aos telhados cerâmicos e lajes de concreto.
Palavras-chave: Telhado verde, Águas de chuva, Coberturas vegetadas.

THE EFFICIENCY OF GREEN ROOFS IN PLUVIAL WATER DISCHARGE

ABSTRACT
One of the consequences of urbanization processes is the modification of land use and occupation. The advancement of impermeable areas stands out, mainly. This brings significant impacts to the water balance of the cities, causing an increase in the superficial runoff of rainwater and frequent flooding of urban centers. The problem presented lacks technical solutions to control these rainwater, and this is the theme of this research. An experimental work was developed to test the performance of different types of roofs: green roof, conventional roof with ceramic tiles and waterproofed slab. The prototype was designed and built in the city of Gramado/RS and aimed to determine the volume of water drained in the different studied roofs. The results showed that vegetated coverings are more efficient in reducing and delaying the superficial runoff. The green roof was able to drain 4.1% of all precipitated water during the study period. For the ceramic tile, the flow rate was 34.8% and for the concrete slab the flow capacity was 56.8%. The ANOVA and Tuckey analyzes of variance, considering a 95% confidence interval, showed significant differences between the results obtained, attesting the efficiency of the green roof in relation to the others. Although this efficiency, the costs of installing green roofs proved to be superior in relation to ceramic roofs and concrete slabs.
Keywords: Green roof, Rainwater, Vegetated covers.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional aliado a forte pressão espacial promovido pelos processos de urbanização, estão modificando o uso e a ocupação do solo, principalmente devido ao avanço de áreas impermeáveis. (MELO et al., 2014). Conforme Reis & Ilha (2014), isto traz impactos significativos ao equilíbrio hídrico dos municípios, como o aumento do escoamento superficial das águas de chuva. A consequência são as frequentes inundações dos centros urbanos.
De acordo com a PNSB (2008), estas ocorreram, predominantemente, em áreas urbanas naturalmente inundáveis por cursos d'água (61% dos municípios com declaração de ocorrência de inundações). Foram associadas, principalmente, a obstrução de bueiros e de bocas de lobo (45% dos municípios com este problema ambiental), a ocupação intensa e desordenada do solo (43% dos municípios), e a outras causas (obras inadequadas, dimensionamento incorreto do projeto, lançamento de lixo, etc.). A gestão adequada de bacias hidrográficas, o controle sobre a retirada da cobertura vegetal e a ocupação do solo são fundamentais para o bom funcionamento dos sistemas de drenagem urbana.
Surge assim uma preocupação relacionada aos aspectos do processo de urbanização e drenagem urbana. É justificada, então, a implantação de técnicas de controle destas águas pluviais (MELO et al., 2014).
Embora esta pesquisa traga uma preocupação nacional em relação ao caso, o reaproveitamento de água da chuva como forma de retenção na fonte e reutilização para fins não potáveis é tema em diversas pesquisa internacionais. Cita-se, como exemplo: Wisbeck *et al.* (2011), Silva *et al.* (2015), Gwenzi *et al.* (2015), Dobrowsky *et al.* (2015), García-Montoya *et al.* (2015), Fernandes *et al.* (2015).
No Brasil, está em vigor no país: a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), a qual define as diretrizes nacionais e estabelece a Política Federal de Saneamento Básico; o Decreto de Regulamentação nº 7.217, de 21 de junho de 2010 (BRASIL, 2010) e a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001), que estabelece o Estatuto das Cidades. Entre as ferramentas operacionais destas leis, está a elaboração e implantação do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Este deve contemplar os quatros componentes do setor de saneamento (abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; água pluviais e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos) em um horizonte de planejamento de 20 (vinte) anos.
Desta forma, em face a problemática da ineficiência do saneamento básico no país e a necessidade de atendimento a legislação nacional vigente, cresce a consciência de se construírem edificações sustentáveis, que primem por atender às suas próprias necessidades, gerando seus próprios recursos e reciclando seus próprios resíduos. Sendo assim, o controle de água de chuva na fonte, o uso racional da água, contemplado pelo controle de perdas e do seu reuso, com o reaproveitamento para fins não potáveis, tais como a irrigação de jardins, lavagem de veículos e calçadas, descarga nos vasos sanitários, entre outros; constituem as principais alternativas para atender a estes requisitos (SANTOS et al., 2006).
Uma alternativa que está ganhando reconhecimento em muitos países como uma solução que pode ser usada para melhorar a qualidade ambiental e reduzir a quantidade de escoamento é a utilização de telhados verdes (Lee et al., 2015). Conforme Stovin (2010), os telhados verdes têm um potencial considerável para o controle de fontes de águas pluviais, além de economia de energia e benefícios em relação as taxas de sequestro de carbono.
A autora apresenta os resultados preliminares de testes com telhados verdes em Sheffield, no Reino Unido. Conforme a pesquisa, durante a primavera de 2006, a retenção média de volume de água de chuva foi de 34%. E, a redução média de pico foi de 57%. O autor conclui descrevendo que a

utilização de telhados verdes é uma opção viável e adaptável em muitos casos. Por exemplo, instalação em coberturas com laje de concreto.

2. OBJETIVO

A pesquisa teve como objetivo geral, avaliar a utilização de coberturas vegetais aplicáveis à construção civil quanto à eficiência no controle do escoamento de água pluvial.
Como objetivos específicos: comparar o fluxo do escoamento de água pluvial de telhados convencionais e telhado verde; avaliar a eficiência do telhado verde quanto à retenção de águas pluviais; determinar a taxa de carregamento hidráulico.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa é caracterizada como uma pesquisa quantitativa. A característica do experimento desenvolvido por esta pesquisa foi baseada nos trabalhos de Zhang *et al.* (2014) e Lee et al. (2015). Zhang et al. (2014) avaliaram a qualidade da água de chuva colhida de materiais de telhados convencionais (telhados de concreto, asfalto e telhas cerâmicas) em comparação com materiais de telhados alternativos (telhado verde). O experimento estruturado na pesquisa envolveu a confecção de telhados de concreto, asfalto e cerâmica com dimensões de 1,5m x 1,5m. O telhado verde foi executado com dimensões de 1,0m x 1,0m.
Já Lee et al. (2015) avaliou o escoamento de água de chuva em um experimento com telhado verde. As dimensões eram de 1,0m x 1,0m.
Com base nisso, as adaptações e etapas metodológicas utilizadas por este artigo estão detalhadas a seguir nos itens 3.1 até 3.3.

3.1. Área de Estudo

A região de Gramado apresenta um clima temperado úmido (Cfb). Historicamente possui uma temperatura média de 12,2 °C no mês mais frio, junho, e, durante o verão, a temperatura média igual a 19,9 ºC no mês mais quente, o de fevereiro. Temperaturas da ordem de -2 ºC são observadas frequentemente durante os meses inverno e temperaturas de 32 ºC são observadas em dias mais quentes durante os meses de verão. A precipitação é bem distribuída totalizando 1.407mm anuais tendo como o mês menos chuvoso, o de agosto, com 74mm e o mais chuvoso, janeiro, com 165mm. A evapotranspiração real totaliza 769mm anuais ocorrendo em dezembro o máximo de 93mm e o mínimo de 33mm em junho. Cabe aqui notar que, em mês algum, ocorre um balanço hídrico desfavorável, ou seja, não ocorre um mês com déficit hídrico.
Para a pesquisa em questão, foram coletados dados do site do INMET, em uma estação meteorológica afastada cerca de 10km do módulo experimental.

3.2. Montagem do Experimento

O experimento (Figura 1) consistiu de uma estrutura de telhado com aproximadamente 5 m², dividida em três partes: uma área com cobertura verde (telhado verde), outra com telhado cerâmico e a terceira somente com a impermeabilização, sendo a declividade de ambos os telhados de 1%. A porção com telhado convencional foi empregada para adquirir os dados de referência.

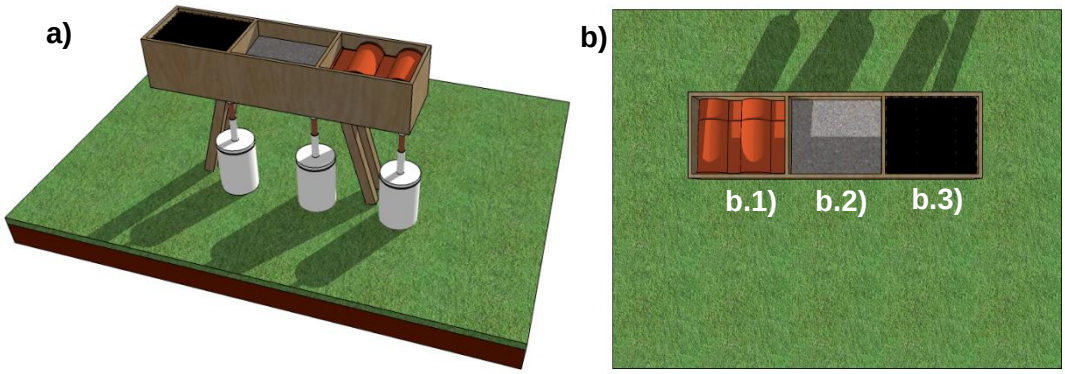


Figura 1. Visão Geral do Experimento: a) perspectiva; b) planta baixa (b.1.Telha cerâmica; b.2.Caixa impermeabilizada; b.3.Telhado verde)

3.2.1. Estrutura do experimento

O modelo para a experiência foi construído uma caixa retangular, com medidas 1,52m de comprimento, por 0,41m largura e 0,30m de altura. A caixa é dividida em três partes iguais cada uma medindo 0,48m de comprimento, 0,41m de largura e de área de fundo e 0,30m de altura. A armação foi feita com madeira para sustentar as três caixas impermeáveis para acomodar os três tipos de telhados utilizados para o experimento.

Com a estrutura concluída, as três partes foram revestidas por uma lona preta, estabelecendo a impermeabilização. Em seguida, foram empregadas válvulas de plástico, utilizadas em lavatórios, para executar a realização do escoamento da água da chuva, instalada na estrutura de madeira após a impermeabilização. A estrutura foi construída com inclinação de 1% e foram executados testes de estanqueidade antes do início do experimento (Figura 2).

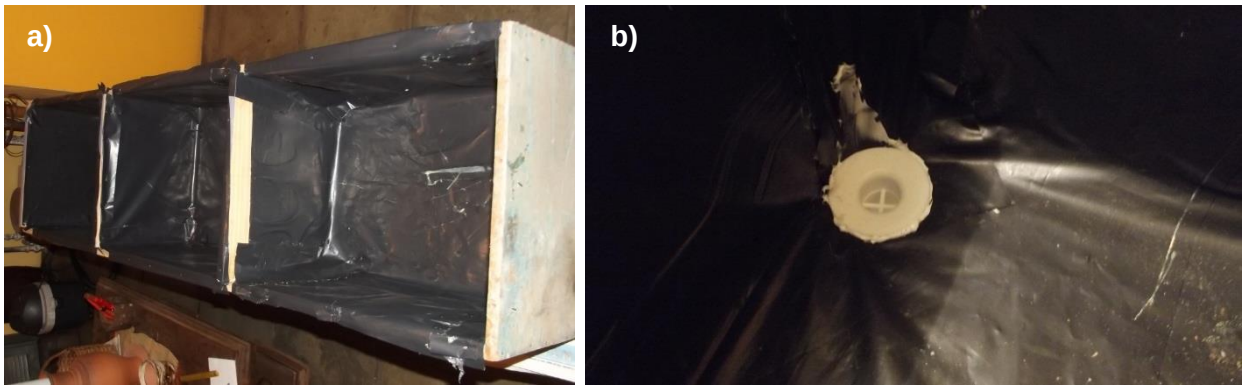


Figura 2. Estrutura do experimento: a) impermeabilização; b) sistema de drenagem.

3.2.2. Telhado Verde

O sistema do telhado verde empregado foi o Sistema Modular Alveolar Grelhado, composto de módulos pré-fabricados. Os módulos possuem uma estrutura na forma de caixa, com um composto de substrato, adquirido em fornecedor localizado em Porto Alegre/RS. O Sistema Alveolar se caracteriza pela presença, em sua composição, da membrana alveolar, responsável pela reserva da água. O sistema Grelhado possui inclusão da grelha tridimensional de PEAD.

O espaço destinado ao telhado verde apresentava 0,48m de comprimento, 0,41m de largura e de área de fundo e 0,30m de altura. Acima da válvula de escoamento, foi posicionada uma membrana de absorção, para evitar que parte do substrato utilizado na formação do telhado verde desça e possa entupir a via.

O Sistema Modular Alveolar Grelhado, era composto por um módulo semi-flexível, preto, fornecida em placas. Possui reservatórios de formato retangular, é feito de material de plástico reciclado. Suas placas com espessura de 1400 micras nas dimensões de 140 x 115 x 1,5 cm (A = 1,61m²). Para o experimento, foi adaptado para que coubesse na caixa. Em suas especificações tem uma retenção de água da chuva de 35 l/m². A finalidade do módulo é de drenagem controlada, retenção de água para as raízes da vegetação (reserva de água sob as raízes), evita contato direto da vegetação com a laje (Figura 3). Após a colocação do sistema laminar, foi colocada a Membrana de Absorção, cuja sua finalidade é de retenção de água e nutrientes para suprir parcialmente as raízes da vegetação (Figura 4).

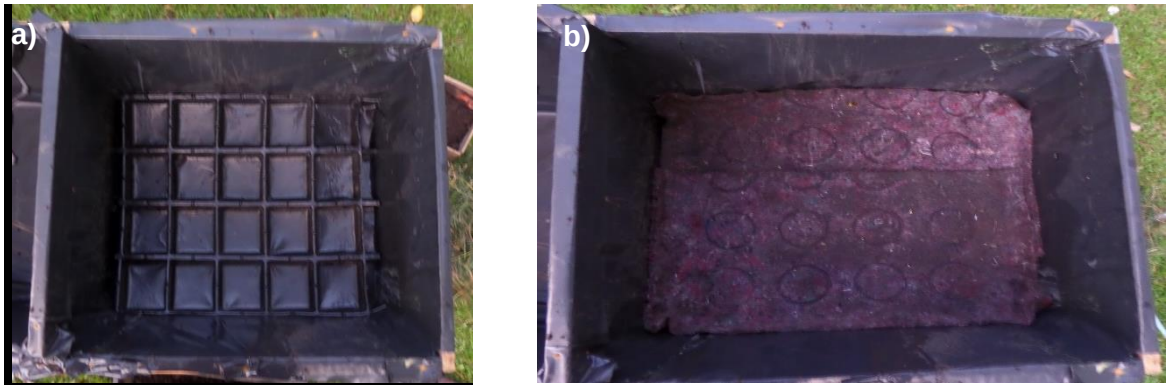


Figura 3. Estrutura do telhado verde: a) Módulo Laminar Médio; b) membrana de absorção.

Depois deste processo foi colocada a grelha de pavimento natural, composta por material plástico reciclado, cor preta e dimensão de 38,5 x 48,0 altura 2,5cm. Sua finalidade é de suporte e retenção do substrato nutritivo, proporcionando alta capacidade de drenagem de água sem carrear o substrato nutritivo. Com isso, é possível a oxigenação das raízes e evitar o amassamento das raízes por compactação e fixação das plantas. Acima, colocou-se, então, o substrato composto de materiais orgânicos e sintéticos. A espessura da camada de substrato ficou em 5cm (Figura 4).

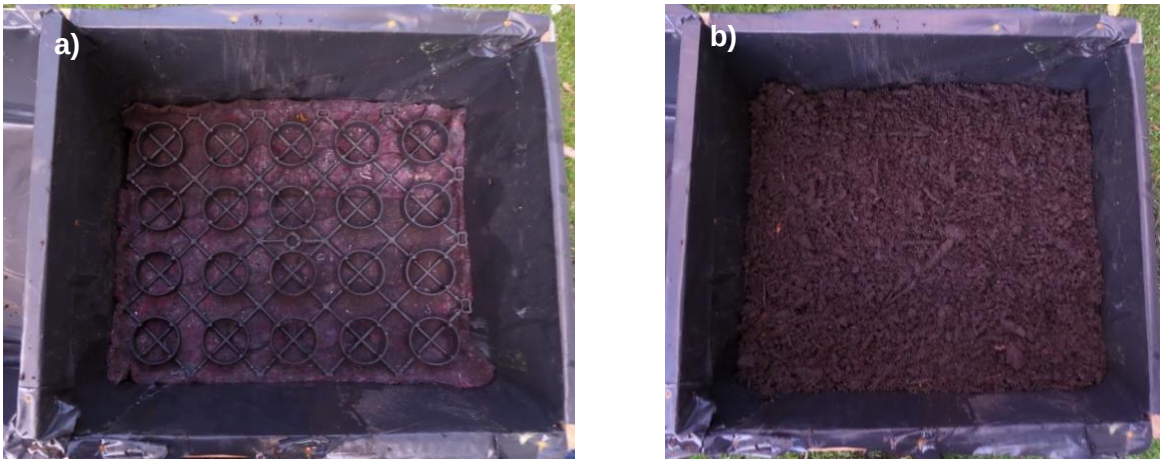


Figura 4. Estrutura do telhado verde: a) Grelha de Ecopavimento; b) Substrato.

Por fim, foram plantadas gramas, nomeadas como *Ophiopogon japonicus.* Estas são mais conhecida como grama-preta. Sem caule e com folhas finas e escuras, ela é uma excelente forração para áreas sombreadas. Esta planta não suporta o pisoteio, em compensação não necessita ser aparada. A finalidade da vegetação é proporcionar o conforto térmico no interior dos ambientes abaixo de si pela evapotranspiração, aumentar o conforto acústico pela massa, eliminar a reflexão dos raios de sol e diminuir o aquecimento em prédios vizinhos, aumentar a geração de oxigênio (fotossíntese), reter a água da chuva, proporcionar biodiversidade em áreas urbanas.

3.3. Coleta e análise dos dados

O volume drenado a partir de cada um dos telhados foi reservado diariamente nos dias de chuva e medidos em proveta. Os dados de precipitação e evapotranspiração foram coletados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).
Fez-se uma análise da precipitação em relação a água retida e escoada em cada telhado testado. A validação dos resultados foi executada utilizando os testes ANOVA e Tuckey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das coletas de dados obtidos no experimento estão apresentados no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1. Coleta de dados no período de observação

Dia	Dados Precipitação	Água escoada ml/dia		
	Inmet mm/dia	Telha Cerâmica	Laje impermeabilizada	Telhado Verde
1	7,2	576	936	62
2	0,2	16	28	4
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0.0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0,8	62	103	7
11	3,4	272	442	30
12	10	815	1325	86
13	20	1.623	2620	175
14	14	1.130	1825	122
15	0	0	0	0
16	14,8	1.185	1924	128
17	61,8	4.948	8034	532
18	8,2	656	1066	72
19	27,2	2.182	3538	234
20	7,2	578	939	63
21	0	0	0	0
22	0	0	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	5	405	647	43
31	0	0	0	0

Considerando as dimensões do experimento e os dados coletados de precipitação, fez-se uma estimativa de precipitação local na área de estudo. O Quadro 2 apresenta os resultados calculados.

Quadro 2. Estimativas de precipitação da água pluvial

Dia	Estimativa de chuva no experimento (mm)	Estimativa de volume de chuva no experimento (ml)	Água escoada (ml)		
			Telha Cerâmica	Laje impermeabilizada	Telhado Verde
1	3,5	1658,9	576	936	62
2	0,1	46,1	16	28	4
3	0,0	0,0	0	0	0
4	0,0	0,0	0	0	0.0
5	0,0	0,0	0	0	0
6	0,0	0,0	0	0	0
7	0,0	0,0	0	0	0
8	0,0	0,0	0	0	0
9	0,0	0,0	0	0	0
10	0,4	184,3	62	103	7
11	1,6	783,4	272	442	30
12	4,8	2304,0	815	1325	86
13	9,6	4608,0	1623	2620	175
14	6,7	3225,6	1130	1825	122
15	0,0	0,0	0	0	0
16	7,1	3409,9	1185	1924	128
17	29,7	14238,7	4948	8034	532
18	3,9	1889,3	656	1066	72
19	13,1	6266,9	2182	3538	234
20	3,5	1658,9	578	939	63
21	0,0	0,0	0	0	0
22	0,0	0,0	0	0	0
23	0,0	0,0	0	0	0
24	0,0	0,0	0	0	0
25	0,0	0,0	0	0	0
26	0,0	0,0	0	0	0
27	0,0	0,0	0	0	0
28	0,0	0,0	0	0	0
29	0,0	0,0	0	0	0
30	2,4	1152,0	405	647	43
31	0,0	0,0	0	0	0
Total	**86,4**	**41426**	**14448**	**23427**	**1558**

Percebe-se, na comparação entre os telhados testados, que a quantidade escoada do telhado verde para os outros dois modelos é maior em sua eficiência. Considerando para o período de monitoramento uma precipitação de 41.426mL, obteve-se os seguintes índices de escoamento: 1.558mL (telhado verde); 14.448mL (telha cerâmica); 23.427mL (laje impermeabilizada).

A proporção de água retida em cada um dos telhados estudados, em relação a precipitação do período está apresentada no Quadro 3. Estes dados foram coletados subtraindo a quantidade de água escoada em relação a precipitação.

Quadro 3. Absorção da água retida cada telhado do experimento

Data	% de água retida pelo telhado		
	Telha Cerâmica	Laje impermeabilizada	Telhado Verde
1	65	44	96
2	65	39	91
10	66	44	96
11	65	44	96
12	65	42	96
13	65	43	96
14	65	43	96
16	65	44	96
17	65	44	96
18	65	44	96
19	65	44	96
20	65	43	96
30	65	44	96
Média	**65,2**	**43,2**	**95,9**
Desvio Padrão	0,4	1,2	1,4
Coeficiente de Variação (%)	0,6	2,9	1,4

Um comparativo entre os tipos de telhas ensaiados mostra uma retenção média de 95,9% para telhados verdes (profundidade de solo de 250mm); 65,2% para telhados de barro e 43,2% para telhados com laje. Stovin (2010), em sua pesquisa no Reino Unido, relata dados preliminares de retenção média de água em telhados verdes variando entre 34% e 56,9%. E, Lee et al. (2015), descreve uma capacidade de retenção de água da chuva para telhados verdes na ordem de 42,8% até 60,8%, considerando 200mm de profundidade de solo. Para profundidade de solo igual a 150mm, a redução de escorrimento de água variou entre 13,8% e 34,4%. A variabilidade da retenção de água entre estas diversas pesquisas e este artigo, pode estar relacionada a profundidade de solo utilizada no experimento.

O teste ANOVA, com 95% de intervalo de confiança, demostrou que há diferenças significativas entre os diversos tipos de telhas. Ou seja, a telha influenciou na retenção de água. Obteve-se resultados de significância igual a 0,000 em todas as comparações realizadas.

O teste de Tuckey, com intervalo de confiança de 95%, demonstrou que há diferenças significativas comparando todos os tipos de telhas ensaiadas para todos os grupos de precipitação testados. Obteve-se resultados de significância igual a 0,000 em todas as comparações realizadas. Com isso, há confirmação estatística de que o telhado verde possui um alto potencial de retenção. Estes resultados estão coerentes com as conclusões da pesquisa de Stovin (2010). Conforme a autora, estes telhados fornecem uma melhora na retenção de águas pluviais se comparado a telhados com materiais convencionais.

Considerando uma média de água retida no telhado verde estudado (Modular Alveolar Grelhado) igual a 3,0668 litros e o experimento com dimensões iguais a 0,1968m², percebe-se uma taxa de retenção de água da chuva igual a 15,6 l/m². Diferente do especificado pelo fabricante de 35 l/m².
Contudo, esta pesquisa avaliou-se apenas a variável escoamento de água nesses telhados. Um fator que deve ser considerado é a qualidade física, química e biológica das águas coletadas. Este estudo foi tema da pesquisa de Zhang et al. (2014). Conforme os autores, os telhados verdes possuem restrições de qualidade da água para reaproveitamento desta, após a colheita.
A pesquisa mostrou também que as telhas cerâmicas são mais adequadas para captação e reaproveitamento de água da chuva, devido às menores concentrações de poluentes lixiviáveis. Este tipo de telha, conforme pesquisa de Souza et al. (2015), também representam menor impacto ambiental do que telhas de concreto em relação a mudanças climáticas, esgotamento de recursos e retenção de água. A conclusão baseia-se em um estudo de Análise de Ciclo de Vida (ACV) realizado no Brasil.
Finalmente, um orçamento prévio considerando a implantação de 60m² de telhado, mostrou um custo de instalação (material e mão-de-obra) do telhado verde igual a R$ 7.530,62 ou R$ 125,5/m². Os custos de instalação do telhado com telha cerâmica e laje impermeabilizada foram bem inferiores a este. Estes orçamentos foram estimados em R$ 90,9 / m² e R$ 47,5 / m², respectivamente.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, se comparado aos outros modelos de telhados testados, o telhado verde de sistema alveolar grelhado foi o mais eficiente na redução e retardo do escoamento superficial. A cobertura vegetada foi capaz de reter em média 95,9% ± 1,4% (profundidade de 250mm) de toda a água precipitada durante o período de estudo. Já para o restante dos modelos, o índice médio de água retida foi de 65,2% ± 0,4% (telha cerâmica) e 43,2% ± 1,2% (laje impermeabilizada).
As análises de variância ANOVA e Tuckey, considerando um intervalo de confiança de 95%, demostraram diferenças significativas entre os resultados obtidos, atestando a eficiência do telhado verde em relação aos demais. Embora esta eficiência, os custos de implantação de telhados verdes se mostraram superiores em relação aos telhados cerâmicos e lajes de concreto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm. Acesso em: 22/04/2016.

BRASIL. Decreto de Regulamentação nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm. Acesso em: 22/04/2016.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: 22/04/2016.

DOBROWSKY, P.H.; CARSTENS, M.; DE VILLIERS, J.; CLOETE, T. E.; KHANA, W. Efficiency of a closed-coupled solar pasteurization system in treating roof harvested rainwater. Science of the Total Environment, 536, p. 206–214, 2015.

FERNANDES, Luís F. Sanches; TERÊNCIO, Daniela P.S.; PACHECO, Fernando A.L. Rainwater harvesting systems for low demanding applications. Science of the Total Environment, v. 529, p. 91–100, 2015.

GARCÍA-MONTOYA, Mariana; BOCANEGRA-MARTÍNEZ, Andrea; NÁPOLES-RIVERA, Fabricio; SERNA-GONZÁLEZ, Medardo; PONCE-ORTEGA, José María; EL-HALWAGI, Mahmoud M. Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. Computers and Chemical Engineering, v. 76, p. 104–116, 2015.

GWENZI, Willis; DUNJANA, Nothando; PISA, Charity; TAURO, Tonny; NYAMADZAWO, George. Water quality and public health risks associated with roof rainwater harvesting systems for potable supply: Review and perspectives. Sustainability of Water Quality and Ecology, v. 6, p. 107–118, 2015.

LEE, Ju Young; LEE, Min Jung; HAN, Mooyoung. A pilot study to evaluate runoff quantity from green roofs. Journal of Environmental Management, 152, p. 171-176, 2015.

MELO, Tássia dos Anjos Tenório de; COUTINHO, Artur Paiva; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira, ANTONINO, Antônio Celso Dantas; CIRILO, José Almir. Jardim de chuva: sistema biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas o manejo das águas pluviais urbanas. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 147-165, out./dez. 2014.

REIS, Ricardo Prado Abreu; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água chuva: poço de infiltração e jardim chuva. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 79-90, abr./jun. 2014.

PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PNSB. 2008. Disponível em:< http://ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/>. Acesso em: 09 dez. 2016.

SANTOS, Maria de Lourdes Florencio dos; BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; AISSE, Miguel Mansur (Coord.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006a. 427 p.

SILVA, Cristina Matos; SOUSA, Vitor, CARVALHO, Nuno Vaz. Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application tosingle-family residences. Resources, Conservation and Recycling, v. 94, p. 21–34, 2015.

SOUZA, Danielle Maia de; LAFONTAINE, Mia; CHARRON-DOUCET, François; BENGOA, Xavier; CHAPPERT, Benoit; DUARTE, Fernanda; LIMA, Luis. Comparative Life Cycle Assessment of ceramic versus concrete roof tiles in the Brazilian context. Journal of Cleaner Production, 89, p. 165-173, 2015.

STOVIN, Virginia. The potential of green roofs to manage Urban Stormwater. Water and Environment Journal, 24, p. 92–199, 2010.

ZHANG, Qianqian; WANG, Xiaoke; HOU, Peiqiang; WAN, Wuxing; LI, Ruida; REN, Yufen; OUYANG, Zhiyun. Quality and seasonal variation of rainwater harvested from concrete,

asphalt, ceramic tile and green roofs in Chongqing, China. Journal of Environmental Management, 132, p. 178-187, 2014.

WISBECK, Elisabeth; SANDRI, Edgar K.; SOARES, Andrea L. M.; MEDEIROS, Sandra H. W. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16, n.4, p. 337-342, 2011.

45. A DURABILIDADE DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA E DE COBERTURA DA EMEI DA VILA SANTA ROSA

SOARES, Fabiano Silva[*1]*(fabianossoares@terra.com.br);DAMAZIO, Tatiana*[1]*(tatiana.damazio@gmail.com);TUTIKIAN, Bernardo Fonseca*[1]*(bftutikian@unisinos.br)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

RESUMO
Com a construção de quatro protótipos de escola infantil na década de noventa, a Secretaria Municipal de Educação da cidade de Porto Alegre, RS, apresentava um novo conceito de arquitetura escolar. Os projetos destas escolas previam, além dos preceitos conceituais, uma vida útil de 40 anos para seus sistemas construtivos, exceto a estrutura prevista para 50 anos. Com a entrada em vigor da norma de desempenho para habitações, se faz importante apresentar os conceitos de durabilidade para prédios públicos de uso institucional, como a Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI) da Vila Santa Rosa. No presente trabalho são apresentadas as especificações da escola e os sistemas construtivos, sistema de vedação vertical externo e sistema de cobertura. O sistema de vedação em estudo é composto pela alvenaria de tijolo maciço à vista e o sistema de cobertura tem sua estrutura de madeira e telhas de cimento amianto. O trabalho teve por método um levantamento em campo e análise visual dos sistemas construtivos. Através da análise dos fatores de durabilidade da NBR 15575 concluiu-se que a EMEI da Vila Santa Rosa apresentou uma vida útil de projeto compatível com o proposto. No quesito vida útil e durabilidade foi diagnosticada a necessidade de manutenções pontuais para que o desempenho dos sistemas não seja comprometido. Em análise final das relações entre durabilidade e sustentabilidade, ficou evidenciada a possibilidade de aplicação da norma de desempenho também para usos não habitacionais.
Palavras-chave: durabilidade, desempenho de edificações e sustentabilidade.

DURABILITY OF THE EXTERIOR VERTICAL SEALING SYSTEMS AND OF THE EMEI SANTA ROSA VILLAGE

ABSTRACT
With the construction of four Schools of Child Education prototypes in the nineties, the City Department of Education presented a new concept of school architecture. These schools, in addition to the conceptual precepts, predicted a lifespan of 40 years for its constructive systems, except the structure, planned for 50 years. With the coming into force of the performance standard for housing, it is important to introduce the concepts of durability also for institutional public building, in this case for EMEI Vila Santa Rosa. In the present article the specifications of the school and the construction systems, external vertical sealing system and roof system are presented. The studied system of sealing is composed by masonry of solid brick in sight and the roof system has its structure of wood and asbestos cement tiles. The work had by method a field survey and visual analysis of the constructive systems. Through the analysis of the durability factors of NBR 15575, it was concluded that the Vila Santa Rosa EMEI presented a project life compatible with the proposed one. In the matter of useful life and durability, was diagnosed the necessity of punctual maintenance so that the performance of the systems is not compromised. In the final analysis of the relationship between durability and sustainability, it also became clear the application posibility of the performance standard for non-residential uses as well.
Keywords: durability, performance standard and sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Na década de noventa, a Secretaria Municipal de Educação de Porto Alegre desenvolveu um projeto de escola infantil com preceitos construtivistas. Foram quatro ao todo, que apesar de diferentes entre si, demonstravam unidade na linguagem arquitetônica, buscando e criando uma nova imagem típica para as escolas infantis (KIEFER, 1993). As quatros escolas citadas, são: Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI) da Vila Santa Rosa, EMEI da Ponta Grossa, EMEI da Ilha da Pintada e EMEI Valneri Antunes. Dentre os inúmeros conceitos que o edifício continha, o Arquiteto Flávio Kiefer definiu que a proposta para os projetos seriam variações sobre distintos conjuntos de ideias, levando em conta as peculiaridades de cada lote e seu contexto imediato e, ao mesmo tempo, racionalizando os métodos e sistemas construtivos e os materiais utilizados (REVISTA PROJETO, 1994). Ressalta-se que a arquitetura adotada procurava um diálogo com as casas vizinhas, a escola deveria remeter a arquitetura residencial, com o uso da tipologia e materiais de construção semelhantes aos usados nas casas do entorno (OLIVEIRA, 1994). O emprego de determinados materiais de construção foi especificado com o objetivo de durarem por um certo período. Assim Oliveira (1994) destaca:

> "As transformações e transposições de usos a que se submete um edifício em sua vida útil demonstram, isso sim, a relativa independência da configuração arquitetônica frente à ocorrência de variações funcionais imprevistas – ou mesmo imprevisíveis – nos momentos de sua concepção e construção. ” (OLIVEIRA,1994, p. 9-10).

Para permear este artigo e delimitar seu objeto de estudo, optou-se por realizar o estudo de caso da Escola Municipal de Educação Infantil da Vila Santa Rosa.

É relevante destacar que a norma de desempenho é voltada para a habitação, mas os materiais abordados no presente trabalho são de uso comum a ambas tipologias arquitetônicas. Portanto, analisar a durabilidade destes materiais com vistas a sustentabilidade possibilitará entender se as decisões acerca dos materiais usados nas alvenarias e sistema de cobertura satisfazem as premissas da norma de desempenho.

O conceito de desempenho, de acordo com Neto (2013) é “ representado pelos atributos exigíveis das necessidades humanas, estabelecidos pelos requisitos e critérios de desempenho previstos na norma, onde foi considerado um patamar mínimo (M) a ser atingido por elementos e sistemas de construção”.

Possan e Demoliner (2013) definem o desempenho como sendo o comportamento em uso, sendo no caso de uma edificação, entendido como as condições mínimas de habitabilidade, necessárias para que usuários utilizem o prédio durante um determinado período.

É importante salientar, conforme a própria NBR enfatiza que o “foco desta Norma está nas exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos. ” (ABNT NBR 15575, 2013).

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), as exigências dos usuários devem ser satisfeitas segundo os critérios de **Segurança:** expressas pelos fatores de segurança estrutural; contra o fogo e no uso e operação. **Habitabilidade:** expressas pelos fatores de estanqueidade; desempenhos térmicos, acústico, lumínico; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil e antropodinâmico e **Sustentabilidade:** representadas pelos fatores de durabilidade; manutenibilidade e impacto ambiental.

Sendo assim, no presente artigo será tratado do critério de sustentabilidade, no quesito durabilidade para ambos os sistemas contidos na NBR 15575/4 e 5 (ABNT, 2013): as vedações verticais externas e o sistema de cobertura, respectivamente.
Por se tratar de um prédio público, o conceito de durabilidade, se atingido, aumentará a vida útil da edificação e, portanto, a qualidade dos espaços, qualificando o ensino e satisfazendo as necessidades da comunidade escolar no que diz respeito a edificação.
Dentro dos conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, a durabilidade é um fator de grande relevância, pois ao tratar da ampliação da vida útil dos sistemas construtivos, de seus componentes e elementos contribui por consequência para a redução do impacto ambiental.
Segundo Roque (2009, p.35 apud JOHN, 2001) inicialmente os estudos sobre durabilidade surgiram da necessidade de avaliação do desempenho econômico de produtos diferentes e do planejamento da manutenção destes mesmos produtos.
De acordo com Agopyan et al. (2016) a durabilidade está associada mais para o conhecimento do que para os recursos. Em muitos casos, a produção inicial do componente é que causa a maior carga ambiental e a vida útil poderá ser aumentada ou reduzida sem afetar proporcionalmente a carga ambiental inicialmente utilizada.
Ao definir a durabilidade, POSSAN e DEMOLINER (2013) afirmam:

> "O conceito de durabilidade associa-se diretamente à vida útil. Refere-se às características dos materiais e/ou componentes, às condições de exposição e às condições de utilização impostas durante a vida útil da edificação. Destaca-se que a durabilidade não é uma propriedade intrínseca dos materiais, mas sim uma função relacionada com o desempenho dos mesmos sob determinadas condições ambientais. O envelhecimento destes resulta das alterações das propriedades mecânicas, físicas e químicas, tanto na superfície como no seu interior, em grande parte devida à agressividade do meio ambiente". (POSSAN e DEMOLINER, 2013).

A NBR 15575/1 (ABNT, 2013) define durabilidade como *a "capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas".* Complementa ainda que a durabilidade dos sistemas de um edifício é uma exigência econômica do usuário, porque está vinculado ao custo global do bem imóvel. Quando um produto deixa de cumprir suas funções previamente estabelecidas, sua durabilidade se extingue, isto ocorre pela degradação gradual que o leva a um estado de desempenho insatisfatório ou a sua obsolescência funcional.
Entende-se desta forma que quanto mais durável for um material; ou imóvel; maior será a sua Vida útil e em consequência o impacto ambiental será reduzido.
Para um entendimento geral deste assunto, é relevante explorar outros dois conceitos, sendo estes complementares ao conceito de durabilidade, são eles: Vida útil de projeto -VUP e Vida útil -VU.
A Vida Útil de Projeto (VUP), simplificadamente, é uma expressão de caráter econômico para uma exigência do usuário. (ABNT NBR 15575/1, 2013). De acordo com a Norma de desempenho (ABNT, 2013), *"a melhor forma para se determinar a VUP para uma parte de uma edificação é através de pesquisa de opinião entre técnicos, usuários e agentes envolvidos com o processo de construção"*.
Entende-se a VUP como uma relação direta entre o melhor custo global e o tempo que o usuário utilizará o bem, de acordo com a sua ótica pessoal. Serve como balizadora do processo de produção do imóvel, portanto, deve ser estabelecida no início, pois trata- se de uma decisão de projeto. Devido à grande variedade de materiais e técnicas ofertados, pode-se ter uma VUP maior ou menor conforme apontado pelo planejamento.
POSSAN e DEMOLINER (2013) enfatizam que: *"apesar da vida útil quando definida no nível do projeto tender a diminuir o custo global, o construtor, para reduzir o custo inicial, tende a construir*

pelo menor custo de construção, optando por alternativas que não favorecem a durabilidade e consequentemente a vida útil da edificação". Ainda os autores assinalam que a VUP previamente estabelecida pode não ser igual a vida útil real ou efetiva, devido a fatores externos não previstos inicialmente do processo de degradação da estrutura. A VUP poderá ser alcançada com maior assertividade se considerada uma margem de tempo ou um nível de desempenho adequado, só que para isso, deverá ser levado em consideração os pontos de vistas econômico e não técnico, juntamente com o da engenharia.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) salienta que para o atendimento da VUP ser alcançado integralmente, sendo a sua implementação responsabilidade dos projetistas, incorporadores e construtores, ambos os fatores abaixo devem ser contemplados:

a) o emprego de componentes e materiais de qualidade devem ser compatíveis com a VUP;

b) a execução com técnicas e métodos devem possibilitar a obtenção da VUP;

No que diz respeito ao usuário, A VUP será atingida efetivamente, se atendidos os três critérios elencados: a) cumprir na totalidade dos programas de manutenção corretiva e preventiva; b) atender aos cuidados preestabelecidos no que diz respeito ao uso correto do edifício e c) utilização do edifício compatível com o previsto em projeto.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) classifica a VUP em três níveis, são eles o Mínimo (M); o Intermediário (I); e, o superior (S), onde o mínimo é obrigatório. A Tabela 1, apresenta a especificação dos valores da VUP, em anos, para os sistemas de vedação verticais externa e cobertura, considerando que a manutenção foi realizada segundo a norma específica, dentro dos processos e periodicidades especificados no manual de uso, operações e manutenção, manual este que se torna item importante para atendimento da VUP pré-estabelecida.

Tabela 1: Tabela de valores em anos da VUP mínima e superior para cada sistema de um edifício

Sistema	Mínimo	Superior
Vedação Vertical externa	□□40	□□60
Cobertura	□□20	□□30

Fonte: NBR 15575/1 (ABNT, 2013)

Na atualidade, sem o entendimento pleno dos usuários na seleção das opções para o início de um processo de construção, as escolhas recaem sobre construções de menor custo e menos duráveis, o que acaba por transferir o ônus destas escolhas para as gerações futuras (ABNT NBR 15575, 2013).Sendo assim, a VUP da EMEI da Vila Santa Rosa foi pensada para durar 40 anos; conforme informado pelos arquitetos responsáveis pelo projeto, em reunião realizada em maio de 2016 na sede da Secretaria de Educação do Município de Porto Alegre; para todos os sistemas que compõem o prédio; exceto o estrutural, com VUP de 50 anos; O projeto apresenta apenas memorial descritivo, portanto não existe um manual de uso, operação e manutenção para o atendimento da vida útil de projeto de acordo com as orientações normativas. De posse destes dados, pode-se entender que para as vedações verticais, a VUP pretendida é a mínima, já para o sistema de cobertura a proposta foi de VUP superior.

O anexo C da NBR 15575/1(ABNT, 2013) define a Vida útil da seguinte maneira: *"é uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes; sistemas complexos, do próprio sistema e de suas partes: subsistemas; elementos e componentes".*

A mesma norma conceitua ainda a Vida útil estimada como sendo a durabilidade de um determinado produto, estipulada a partir de dados históricos de desempenho deste produto ou ensaios de desgastes acelerados.
Para POSSAN; DEMOLINER (2013*) "a vida útil é o período de tempo compreendido entre o início de operação e uso de uma edificação até o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário, sendo diretamente influenciada pelas atividades de manutenção e reparo e pelo ambiente de exposição".*
Ainda de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013) pode-se prolongar a VU através de manutenções programadas. Estas manutenções, se realizadas integralmente pelo usuário, acarretará no atendimento da Vida útil de projeto previamente definida.

2. OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo analisar os sistemas de cobertura e vedação externa, levando em consideração os critérios estabelecidos pela norma de desempenho e a sua aplicação em edificações de caráter público. Especificadamente o presente trabalho irá avaliar os requisitos de Vida útil, Vida Útil de Projeto e o comportamento dos sistemas de SSVE e SC em relação a durabilidade na Escola de Educação Infantil Vila da Santa Rosa, localizada na cidade de Porto Alegre.

3. MÉTODO

A pesquisa se caracterizou como exploratória, tendo como principais métodos empregados a Pesquisa Bibliográfica sobre a NBR 15575 e material publicado acerca do assunto desempenho em edificações e Estudo de Caso, utilizado para descrever a situação do contexto em que está sendo feita a investigação dos SVVE e SC.

3.1 Objeto de Estudo

Este trabalho foi realizado em uma escola municipal de Porto Alegre, A EMEI Vila da Santa Rosa com o objetivo de avaliar o requisito de durabilidade para os sistemas de vedação externa e cobertura, trazendo subsídios para aplicação da norma de desempenho em edificações escolares.

3.1.1 Histórico e localização da escola

A Escola Municipal de Educação Infantil da Vila Santa Rosa foi finalizada em 1994. Não se encontra registrado a data de finalização da obra. De acordo com o site da escola, no dia 1º de agosto, as crianças selecionadas começaram a frequentar as aulas. No final de outubro a escola passou a atender todos os alunos previamente selecionados.
A escola está localizada na zona norte da cidade de Porto Alegre, em um lote triangular no encontro entre a avenida Donário Braga, a rua Alba Garcia de Oliveira e a Travessa V. Para Oliveira (1994), a escola é edificada em terreno de desenho particularmente complexo tanto para o desenvolvimento dos espaços interiores dos ambientes quanto para uma implantação correta do edifício em relação a rua e o bairro. O acesso a escola se dá pela rua Donário Braga sem número.

3.1.2 Descrição dos materiais construtivos

Os materiais predominantes das alvenarias externas e do sistema de cobertura, conforme informado no projeto arquitetônico, são respectivamente: O tijolo maciço à vista, comum da marca Paoluzzi de 1º qualidade, de cor clara e bem queimados, com juntas de 1,5mm. A parede foi erguida em contra fiada, amarradas com estribo deixados na massa da primeira alvenaria a cada quatro fiadas e distantes 50cm um do outro, conforme informado pelo memorial descritivo do projeto. As telhas são

do tipo cimento-amianto de 8mm de espessura, ondulada, instaladas sobre guias de madeira de 15cm. As tesouras da cobertura estão apoiadas sobre laje de forro de concreto moldado “in loco”.
Dessa forma apresentada a edificação e ambos os sistemas, objetos da análise deste trabalho, o presente artigo se aprofundará na análise do fator durabilidade, item integrante do conceito de sustentabilidade preconizado pela norma de desempenho.

3.2 Método da Pesquisa Bibliográfica e Estudo de Caso

Para dar suporte ao estudo de caso, foi necessário anteriormente realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o desempenho em edificações, com foco na durabilidade dos sistemas construtivos. Somando ao estudo da bibliografia, foi realizada uma reunião na sede da Secretaria de Educação de Porto Alegre no mês de maio de 2016 com os idealizadores do projeto padrão, os arquitetos Raul Macadar e Flávio Kiefer, onde foi apresentado os conceitos das propostas arquitetônicas bem como a vida útil estimada em projeto. Desta reunião foi possível verificar que a vida útil prevista era de aproximada 50 anos para a estrutura e 40 anos para os demais sistemas.
Em seguida foi realizado o levantamento de campo para o estudo de caso, composto de: 1) solicitação de informações do histórico de problemas da escola junto a direção da mesma. A informação relatada teve maior abrangência na questão da infiltração e alagamentos oriundos da rede de drenagem e cobertura. 2) Levantamento visual e fotográfico dos sistemas de vedação externa e cobertura da escola, onde se constatou algumas manifestações patológicas.

3.3 Método de interpretação

Para a interpretação das informações adquiridas no estudo de caso, foi utilizado os conceitos preconizados pelas partes 1,4 e 5 da NBR 15575 (ABNT, 2013), onde a mesma estabelece os critérios e categorias que devem ser atendidas para atingir a durabilidade dos sistemas construtivos que compõe o prédio e consequentemente a vida útil da edificação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Requisito de vida útil de projeto e vida útil

Para o caso da escola, objeto do estudo, pode-se entender após a definição da VUP, que o sistema de vedação vertical e de cobertura está com uma VU de 55%, visto que a sua VUP é de 40 anos para ambos os sistemas e a escola possui 22 anos de uso.

4.2 Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas- NBR 15575/4

De acordo com a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE) são definidos pelas partes da edificação habitacional que limitam verticalmente o edifício e seus compartimentos, como as paredes, as fachadas ou divisórias internas.
Os sistemas de vedações verticais externas devem limitar os deslocamentos verticais, fissurações e falhas nas paredes externas. Inclui-se os revestimentos em função dos ciclos de aquecimento e resfriamento que ocorrem durante a VU do edifício (ABNT NBR 15575/4, 2013).
Após as definições de VUP e VU do prédio escolar, constatou-se algumas manifestações patológicas na alvenaria, tais como esfarelamento do tijolo que compõe o sistema; figura 1a; fissuras; figura 1b; e umidades ascendentes e descendentes que prejudicam o desempenho da SVVE; figura 1c.

Figura 1: Fotos com as manifestações patológicas, na figura 1a o esfarelamento dos tijolos, na figura 1b as fissuras na alvenaria e na figura 1c as umidades ascendentes e descendentes



(a) (b) (c)

Fonte: autor

O requisito para o SVVE para atendimento da VUP é que a capacidade funcional e as características estéticas, ambas compatíveis com o envelhecimento dos materiais durante a VUP, estejam de acordo com a tabela C, onde é tratada os efeitos das falhas do desempenho, a categoria de VUP para as partes do edifício, o custo de manutenção e reposição de componentes ao longo da VU. Estes três elementos geram uma quarta tabela na NBR, a C.4; Tabela2; que trata dos critérios para o estabelecimento da VUP para as partes do edifício (ABNT NBR 15575/1, 2013).
Foi considerado, conforme informado pelos responsáveis dos projetos que o Sistema de Cobertura (SC) foi pensado para 40 anos enquanto o da estrutura foi para 50 anos. Portanto, fica claro que a VUP dos sistemas equivale a 80% da VUP da estrutura, assim descrito na Tabela 2; síntese das tabelas C.1 (efeitos na falha de desempenho), C.2, C.3 e C.4 da norma; abaixo:

Tabela 2: Critérios para o estabelecimento da VUP das partes do edifício

Valores Sugerido de VUP para os sistemas, elementos e componentes	**Tabela** C.1	**Tabela C.2** Tabela 3	**Tabela C.3** Tabela 4
Entre 40% e 80% da VUP da estrutura	Qualquer critério: (A) Perigo a vida, (B) risco de ser ferido, (C) perigo à saúde, (D) interrupção do uso do edifício, (E) comprometer a segurança de uso e (F) sem problemas excepcionais.	Categoria 2.Manutenível, são duráveis, mas necessitam de manutenção periódica e são passíveis de substituição ao longo da VU do edifício.	Categorias D e E- alto custo de manutenção e/ou reparação, custo de reposição superior ao custo inicial. (D) Comprometimento da durabilidade afeta outras partes do edifício. (E) Alto custo de manutenção ou reparação, custo de reposição muito superior ao custo inicial

Fonte: ABNT NBR 15575/4, 2013

A tabela acima demonstra os critérios de durabilidade e manutenibilidade para o atendimento da durabilidade para o SVVE. Os efeitos na falha de desempenho foram constatados como sendo o

seguinte: Categoria F: sem problemas excepcionais, como exemplo as fissuras na alvenaria conforme descrito pela Tabela 2.

4.3 Requisitos para os sistemas de cobertura- NBR 15575/5

Os sistemas de coberturas contribuem para a preservação da saúde dos usuários e inclusive da própria proteção do corpo da construção. Também interfere diretamente na durabilidade dos demais elementos que a compõe. Impedem a infiltração de umidade oriunda das intempéries para os ambientes habitáveis prevenindo diversos processos de degradação dos materiais, incluindo apodrecimento, corrosão e fissuras. (ABNT NBR 15575/5, 2013).

O Sistema de Cobertura é definido pela NBR 15575/5 (ABNT, 2013) como sendo o conjunto de elementos/componentes, dispostos no topo da construção, com as funções de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger demais sistemas da edificação ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termo acústico da edificação habitacional.

Sobre as interferências naturais que a cobertura de uma edificação sofre ao longo de sua VU, a NBR 15575/5 (ABNT, 2013) salienta que: *"As ações atuantes, particularmente vento, intensidade de chuvas e insolação, são as que exercem a maior influência e são determinantes nos projetos de SC"* (ABNT NBR 15575/5, 2013).

A EMEI da Vila da Santa Rosa tem a VUP declarada pelos responsáveis do projeto para 40 anos, ou seja, uma VUP superior. Após a inspeção predial realizada, constatou-se que o SC está classificado na categoria C e F da tabela C.1, com as seguintes características:

Categoria C: O efeito no desempenho é de perigo a saúde, pois verificou-se uma série de infiltrações, oriundas de fatores externos, como as infiltrações que ocorrem na cobertura, sob a laje do forro, em decorrência do não escoamento das águas pluviais da cobertura causadas pela obstrução na rede pública de esgoto pluvial externa. Isso acarreta diversos tipos de manifestações patológicas na cobertura, tais como umidades e mofos.

A categoria F tem definido como efeito que não há problemas excepcionais, exemplificando aqui a troca de telhas ocorridas durante a sua VU (NBR 15575/5, 2013). A Tabela 3 resume os critérios de categoria de vida útil de projeto para partes do prédio.

Tabela 3: Categoria de vida útil de projeto para partes do prédio aplicadas para a EMEI Vila da Santa Rosa

Categoria	Descrição	VU
2	Manutenível	São duráveis, mas é necessária manutenção periódica e podem ser substituídas ao longo da sua VU.

Fonte: ABNT NBR 15575/5, 2013

O custo de manutenção e reposição ao longo da vida útil está explicitado na Tabela 4. Ao confrontarmos as tabelas 3 e 4 com a tabela 2, percebemos que a VUP para o sistema de cobertura está inserida como categoria 2; Tabela 3 e categoria C; tabela 4. Isto significa dizer que é um item que deverá receber manutenção de seus elementos e componentes; aqui, nesse caso são as telhas; e seu custo deve ser médio e equivalentes ao custo inicial.

Tabela 4: Custo de manutenção e reposição ao longo da VU aplicada a EMEI Vila da Santa Rosa.

Categoria	Descrição
C	Médio ou alto custo de manutenção ou reparação Custo de reposição dos elementos ou sistemas, equivalentes ao custo inicial.
D	Alto custo de manutenção e/ou reparação Custo de reposição superior ao custo inicial Comprometimento da durabilidade afeta as demais partes do edifício

Fonte: ABNT NBR 15575/5, 2013

Em uma análise visual, na Figura 2 percebe-se que as telhas estão em bom estado de conservação evidenciando a substituição ao longo do tempo. Todas as telhas originais já foram substituídas e não há registros dos valores gastos para esta substituição, mas considerando que foram substituídas apenas as telhas ao longo dos 22 anos, podemos considerar o custo gasto com manutenção como médio.

Figura 2: Telhas de fibrocimento em bom estado; foto 2a; manchas de umidade na laje de forro oriunda de vazamento do SC; foto 2b.



(a)



(b)

Fonte: autor

5. CONCLUSÃO

O estudo de caso da EMEI da Vila Santa Rosa procurou demonstrar a importância de ampliar a norma de desempenho para que esta possa abranger também edifícios institucionais e públicos. A escola apresentou uma VUP para os sistemas de cobertura e vedação externa compatíveis com o declarado pelos profissionais (40 anos), ou seja, ao ser atingido 50% da VUP para ambos os sistemas este requisito está atendido. Para o sistema de vedação externa, a manutenção não foi realizada, e por estar na metade de sua VUP e o sistema não apresentar problemas excepcionais que comprometam o uso da escola, fica evidenciado o atendimento a VUP mínima. Já a manutenção do telhado foi realizada ao longo dos anos pelo setor responsável da Secretaria municipal de educação de Porto Alegre sem gastos elevados, sendo substituídas todas as telhas de amianto.

No quesito VU e durabilidade, ambos os sistemas necessitam de maiores cuidados. O estudo de caso diagnosticou alguns vazamentos originários de fatores externos, como por exemplo as

infiltrações que ocorrem na escola devido a obstrução da rede externa de esgoto pluvial, o que pode vir a comprometer o desempenho do sistema de cobertura. Estas manifestações patológicas causam umidade ascendente nas alvenarias, ocasionando da mesma forma o comprometimento da durabilidade do sistema de vedação vertical externa. Também se verificou que o esfarelamento de alguns tijolos que compõe o sistema é originado; provavelmente; da produção do item, podendo desta forma comprometer a durabilidade do todo. Não foi diagnosticado problemas nos componentes do sistema de cobertura, tais como tesouras e caibros.

Este artigo se propôs a aplicar os fatores de durabilidade da NBR 15575 em um prédio público de uso institucional e demonstrar a importância e as possibilidades de aplicação da NBR em uso não habitacional. Ficou evidenciado a necessidade de atendimento aos requisitos da norma de desempenho e a necessidade da realização de um manual de uso, operação e manutenção que balize o setor responsável pela manutenção do patrimônio escolar bem como o usuário. Estas ações poderão prolongar a VU em relação a VUP, gerando economia, durabilidade e contribuindo com a sustentabilidade, tema este de grande importância na sociedade atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V.; SATO, N.M.N.; JOHN, V.M.; SJÖSTRÖM, C. Durabilidade e Sustentabilidade: Desafios para a Construção Civil Brasileira. Junho, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575 - Partes 1-6: Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

BOTEY, J.M. Edifício para Ensino: Oito Projetos Exemplares, Revista Projeto, São Paulo, 1994, edição 172, p. 36-40, março de 1994.

EMEI DA VILA NOVA, disponível em: <http://www.http://websmed.portoalegre.rs.gov.br/escolas/vilasantarosa> acessado em 21 de julho de 2016.

KIEFER, F. II Bienal de Arquitetura, São Paulo, setembro de 1993.

NETO, J.C.P.F. Vida útil e desempenho das edificações: NBR 15575/13. Publicação original-Revista concreto, IBRACON, ano XLI, nº 70.

OLIVEIRA, R.C. Seminário: Educação e Classes populares: Uma digressão do prédio escolar na cidade e no bairro, Porto Alegre, 1994.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C.A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. Revista Científica CREA-PR, 1 ed. 2013. Disponível em: http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/article/view/14.

ROQUE, J.A. O desempenho quanto à durabilidade de alvenarias de blocos cerâmicos de vedação com função autoportante: o caso da habitação de interesse social, Campinas, SP: [s.n.], 2009.

67. ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DO DESENVOLVIMENTO DE CONCRETO PERMEÁVEL COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E ADIÇÃO DE FIBRAS

BENVEGNÚ, Daniele Elisa[*1](danibenvegnu@hotmail.com); PEREIRA DA COSTA, Fernanda Bianchi[1] (fernanda.bpc@gmail.com); GRAEFF, Ângela Gaio[1](angel.graeff@gmail.com)*
[1]Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
Dois grandes problemas urbanos da atualidade estão relacionados com a impermeabilização do solo e geração de resíduos de construção e demolição (RCD), devido à densificação dos grandes centros urbanos. A tecnologia do concreto permeável é uma das soluções existentes para minimizar o número de enchentes e alagamentos decorrentes da pavimentação que impermeabiliza o solo. Em virtude da elevada quantidade de poros interligados, o concreto permeável permite a drenagem da água para posterior absorção pelo solo, sem sobrecarregar o sistema de drenagem pluvial, o que o torna uma solução ambiental. O RCD, por sua vez, pode ser incorporado ao concreto permeável como substituição ao agregado graúdo, no intuito de promover maior sustentabilidade ambiental ao concreto permeável e uma destinação adequada ao resíduo, contribuindo, assim, para a diminuição da extração de recursos naturais. Entretanto, devido à baixa resistência mecânica do concreto permeável com RCD, a sua aplicação torna-se limitada. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade de incorporação de fibras poliméricas no intuito de melhorar o comportamento mecânico do material e diminuir a propagação de fissuras. Para tanto, foi realizado um estudo experimental em que foi adotado o traço padrão, em massa, de 1:4 (cimento:agregado de RCD), relação água/cimento de 0,32 e massa específica de 1550 kg/m³ (mantida constante para todas amostras). As variáveis da pesquisa foram: teor de fibras (1 kg/m³, 2 kg/m³ e 3 kg/m³) e tipos de fibras (polipropileno e de garrafa PET). As propriedades analisadas foram: porosidade, infiltração, resistência à tração na flexão e resistência à compressão. Os resultados obtidos indicam que a inclusão de ambas as fibras, com destaque da fibra de polipropileno, colabora para melhorar o comportamento frente à tração na flexão, aumentando a ductilidade do material, sem afetar as características de porosidade e infiltração. A adição de fibras, portanto, viabiliza o uso do concreto permeável com RCD como alternativa para a construção de calçadas e vias de tráfego leve.
Palavras-chave: concreto permeável; RCD; fibra de polipropileno; fibra de garrafa PET.

STUDY ON THE VIABILITY TO DEVELOP PERVIOUS CONCRETE WITH CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE AND FIBERS

ABSTRACT
Recently, two major urban problems are related to soil impermeabilization and the generation of construction and demolition waste (CDW) due to the urban centers densification. The pervious concrete technology is one of the existing solutions to minimize the floods resulting from high paving. The pervious concrete allows the drainage of water for later absorption by the soil due to the high number of interconnected pores. This leads the rainwater drainage system to not be overloaded, which make the pervious concrete an environmental solution. In this context, the CDW can be incorporated as a replacement of the coarse aggregate, to promote greater sustainability of the

pervious concrete and an environmental sustainable destination for the waste material, which contributes to the reduction of the natural resources extraction. However, the low mechanical strength of pervious concrete with CDW turns the application limited. Thus, the present work aims to incorporate polymeric fibers to improve the mechanical behavior of pervious concrete and to reduce the crack propagation. The mix proportion of pervious concrete is 1:4 (cement:CDW), water/cement ratio of 0.32 and specific gravity of 1550 kg/m³ (constant for all samples). The variables considered in this research are: fiber content (1 kg/m³, 2 kg/m³ and 3 kg/m³) and fiber types (polypropylene and PET bottle). The porosity, infiltration, flexural tensile strength and compressive strength are evaluated. Results show that the incorporation of both fibers, especially polypropylene fiber, contributes to improve the mechanical behavior and material ductility, without affecting the porosity and infiltration characteristics. Therefore, the addition of fibers enable the use of pervious concrete with CDW as an alternative for the construction of sidewalks and light traffic.
Keywords: pervious concrete; CDW; polypropylene fiber; PET bottle fiber

1. INTRODUÇÃO

Dois grandes problemas urbanos da atualidade estão relacionados com a impermeabilização do solo e geração de resíduos de construção e demolição (RCD), devido à densificação dos grandes centros urbanos. Em relação à primeira problemática, a tecnologia do concreto permeável tem sido enfatizada como uma frente de solução para mitigar o número de enchentes e alagamentos decorrentes da alta pavimentação e impermeabilização do solo. Tal fato é possível, já que o concreto permeável possui um alto índice de vazios interligados, obtidos através de pouca ou nenhuma porção de areia na sua composição, permitindo a drenagem de grande quantidade de águas pluviais, as quais podem ser absorvidas pelo solo (POLASTRE; SANTOS, 2006). Os benefícios concedidos pela aplicação do concreto permeável reforçaram o uso do material em diversas regiões do mundo ao longo dos últimos anos. Além da capacidade de infiltração, outros benefícios como a remoção de poluentes das águas de chuva, diminuição do efeito de ilhas de calor urbano e melhora na resistência ao deslizamento são apresentadas pelo concreto permeável (GAEDICKE et al., 2014). No entanto, a sua implementação como material de pavimentação em muitos países, especialmente países emergentes, ainda não é praticada, devido à falta de técnica padrão na preparação de materiais e testes, bem como práticas de construção (CHANDRAPPA; BILIGIRI, 2016).

Em relação à segunda problemática, frequentemente encontrada devido ao aumento da construção em grandes centros urbanos, são geradas inúmeras quantidades de RCD no Brasil. Esse material, normalmente, não tem uma destinação adequada e, por vezes, acaba sendo descartado inadequadamente em aterros sanitários ou depósitos ilegais. Neste contexto, o RCD pode ser incorporado como substituição do agregado graúdo, no intuito de promover maior sustentabilidade ao concreto permeável e uma destinação adequada ao resíduo, contribuindo, assim, para a diminuição da extração de recursos naturais. Além disso, o RCD é um material extremamente barato e que não apresenta custos elevados com transporte e britagem. O mesmo começou a ser inserido no mercado, ainda no período pós-guerra, quando os países europeus sofriam de escassez de matéria-prima. Atualmente, seu uso intensificou-se, principalmente, após a Resolução CONAMA Nº 307/2002 (CONAMA, 2002) a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos de construção civil.

O RCD, no entanto, por ser um material mais frágil quando comparado aos agregados convencionais (i.e., basalto, granito, calcário, etc.), pode acarretar na diminuição da resistência mecânica do concreto. Assim, a incorporação de outros materiais, tais como as fibras, acaba sendo

necessário para o aumento dessa propriedade. Fibras de baixo custo aliadas ao uso do RCD, podem ser uma alternativa eficaz e sustentável, no intuito de viabilizar sua utilização no concreto permeável. Neste contexto, o presente trabalho considera o uso de fibras de polipropileno industrializadas, uma vez que são de fácil acesso e baixo custo, e, ainda, fibras recicladas proveniente de garrafa PET. Tal fato promove a destinação pós-consumo do material que, quando descartado na natureza, leva em torno de 750 anos para sua decomposição, além dos problemas ambientais gerados devido ao descarte inadequado.

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é verificar o uso de pavimentos de concreto permeável com a utilização de 100% de RCD como agregado e a incorporação de fibras. O trabalho compara a influência dos dois tipos de fibras citados (polipropileno e PET) na produção do concreto permeável, através de ensaio mecânicos, definindo o teor ótimo de aplicação, sem prejuízo nas proprieades drenantes do material, como taxa de infiltração e porosidade.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Materiais

3.1.1 Resíduos

O resíduo de construção e demolição (RCD) utilizado neste trabalho provém da Organização Não Governamental Solidariedade (ONG), localizada na cidade de Porto Alegre/RS. O material é recebido por intermédio do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), o qual faz todo assessoramento às obras que geram esses materiais. Os resíduos oriundos da coleta dos trabalhadores são classificados junto aos demais e britados para obtenção da granulometria desejada (i.e., para aplicação como agregado graúdo ou na fabricação de blocos reciclados). Parte do resíduo destinado à ONG Solidariedade procede de aterros inertes.

O RCD utilizado nesta pesquisa é classificado como classe “A” segundo o Art. 3º da Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) por conter materiais cerâmicos, concretos e argamassas em geral, rochas e solos, metais, vidro, entre outros diversos. Além disso, esse material é caracterizado como refugo do agregado usualmente utilizado para produção de blocos de concreto, devido a sua granulometria grosseira. Para uso nesta pesquisa, foi utilizado todo o material passante na peneira de abertura 19 mm, incluindo a granulometria miúda. Assim, o material usado apresentou dimensão máxima característica de 19 mm, módulo de finura de 5,11, e absorção de 11,276. A Figura 2 apresenta a curva granulométrica do material, estando de acordo com a granulometria do agregado convencional usado na produção do concreto permeável, como no trabalho realizado por Dutra *et al.* (2015).

A fibra oriunda de garrafas PET (Figura 3a) foi produzida no próprio laboratório. As mesmas foram cortadas, através de um equipamento semelhante aos usados para geração de vassouras de garrafas PET, de modo que ficassem todas de mesmo padrão, com um tamanho de 54 mm e largura de 1,5 mm, equivalente às fibras de polipropileno, descritas no item a seguir.

3.1.2 Outros materiais

Os demais materiais usados para produção do concreto permeável foram: cimento Portland de alta resistência inicial (classificado como CPV-ARI-RS) de acordo com a NBR 5733 (1991); e fibra de

polipropileno (Figura 3b), comumente utilizada na indústria da construção civil, de comprimento 54 mm e peso específico 0,91 g/cm³.

Figura 1. Resíduo de construção e demolição (RCD)



Figura 2. Curva granulométrica do resíduo de construção e demolição (RCD)

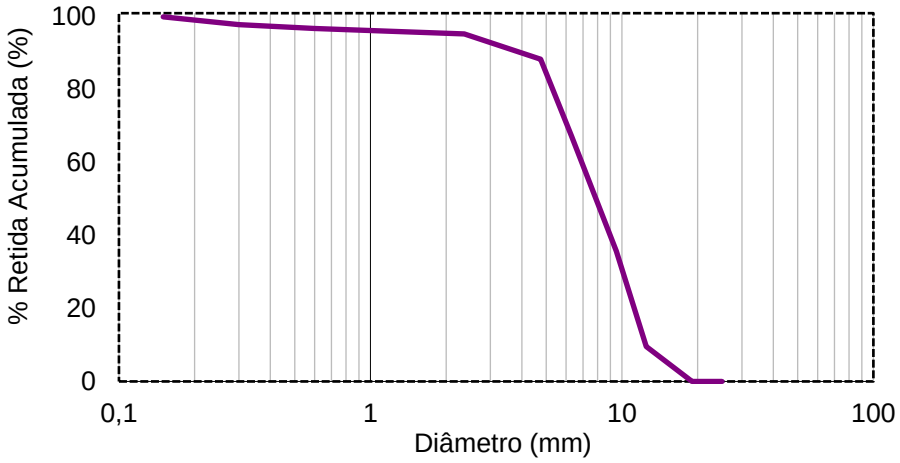
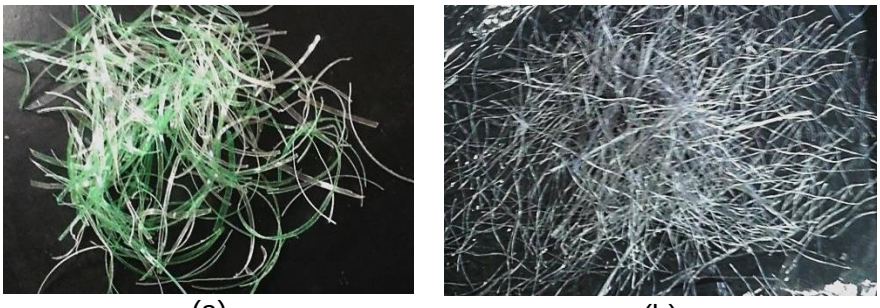


Figura 3. Fibra reciclada de garrafa PET (a) e fibra de polipropileno (b)



(a) (b)

3.2 Variáveis de pesquisa

A Tabela 1 apresenta as variáveis de controle (i.e., propriedades do traço padrão de concreto permeável estudado). A massa específica foi determinada para que não se obtivesse variação de

porosidade e infiltração significativa e, assim, fosse analisado apenas o comportamento mecânico para as fibras escolhidas. A tabela 2 mostra a nomenclatura adotada e as variáveis de estudo (i.e., teores de fibras utilizados).

Tabela 4. **Variáveis de controle**

Traço (cimento:RCD)	1:4
Relação água/cimento (a/c)	0,32
Massa específica (kg/m³)	1550

Tabela 2. **Nomenclatura e variáveis de estudo**

Código	Fibra	Teor de fibra (kg/m³)
REF	Sem fibra	0,0
PP-T1	Polipropileno	1,0
PP-T2	Polipropileno	2,0
PP-T3	Polipropileno	3,0
PET-T1	PET	1,0
PET-T2	PET	2,0
PET-T3	PET	3,0

3.3 Moldagem e cura dos corpos de prova

O procedimento de mistura do concreto permeável consiste, primeiramente, pela colocação do agregado reciclado na betoneira e, posteriormente, a adição do cimento e água gradualmente, misturados até se obter um material com aspecto homogêneo. A consistência do concreto permeável é avaliada visualmente, através da formação de uma esfera com as mãos, a qual não se desintegra ou perde sua estrutura de poros devivo a precipitação de pasta dentro dos vazios entre os agregados (TENNIS *et al.*, 2004).

Nos concretos com fibras, as mesmas foram adicionadas após o primeiro processo, de maneira lenta, visando sua disperção por todo o material, evitando aglomeração e formação de grumos. Após a adição das fibras no concreto permeável, a mistura continuou por mais 60 segundos.

Foram confeccionados três corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm (diâmetro x altura) e três corpos de provas prismáticos de 10x10x40 cm (altura x largura x comprimento) para cada traço. Os corpos de prova cilíndricos foram moldados em uma camada, compactada com um soquete circular, de forma a obter a densidade estabelecida. Os corpos de prova prismáticos foram moldados em uma camada e compactados com um rolo, de forma a obter a mesma densidade. Diferentemente do concreto convencional, a divergência entre o método de compactação em função do tipo de corpo de prova em concreto permeável, é realizada para que se possa obter a densidade projetada. Após a compactação os corpos de prova foram acondicionados em sacos plásticos, no intuito de evitar a perda de água para o ambiente. Os corpos de prova foram desformados após 24 horas e mantidos em temperatura ambiente de 24°C até a data de ensaio aos 28 dias.

3.4 Ensaios de porosidade

O ensaio de porosidade foi realizado nos corpos de prova cilíndricos, de acordo com ASTM C1754 (2012), no qual é possível observar o índice de vazios dos concretos. Para tanto, foram medidas as

massas dos corpos de prova cilíndricos secos e, após, submersos em água por 2 horas. A porosidade é determinada de acordo com a Equação (1).

$$P(\%) = \left(1 - \frac{M_{seca} - M_{sub}}{\rho \times V}\right) \times 100 \quad (1)$$

Onde:
P = porosidade (%)
M_{sub} = massa submersa (kg)
M_{seca} = massa seca (kg)
P = densidade da água (1000 kg/m³)
V = volume do corpo de prova (m³)

3.5 Ensaios de infiltração

O ensaio de infiltração foi realizado com adaptação da ASTM C1701 (2009), o qual mede a taxa de infiltração de uma quantidade determinada de água e o tempo necessário para que a água seja drenada pelo corpo de prova. O ensaio foi realizado nos corpos de prova cilíndricos vedados por um plástico-filme retrátil. O tempo necessário para que um volume de 1 litro de água passe pelo sentido longitudinal do corpo de prova foi cronometrado. A taxa de infiltração é determinada de acordo com a Equação (2).

$$TI(cm/s) = \frac{V}{A \times t} \quad (2)$$

Onde:
TI = taxa de infiltração (cm/s)
V = volume de água (cm³)
A = área da seção transversal do corpo de prova (cm²)
t = tempo de infiltração total da água (s)

3.6 Resistência à compressão e tração na flexão

O ensaio de resistência à compressão uniaxial foi realizado de acordo com a NBR 5739 (2007). A resistência à compressão foi avaliada aos 28 dias em três corpos de prova cilíndricos referente a cada traço estudado. Antes do ensaio, os corpos de provas foram retificados para que suas faces ficassem planas e, durante o ensaio, foi usado neoprene contido em cápsulas metálicas para que as cargas fossem mais bem distribuídas, visando amenizar as irregularidades dos corpos de prova e diminuir a variabilidade nos resultados.
O ensaio de resistência à tração na flexão a quatro pontos foi realizado de acordo com ASTM C78 (2016). Esse ensaio foi realizado aos 28 dias em três corpos de prova prismáticos referente a cada traço. A velocidade de carregamento foi de 0,5 mm/min.

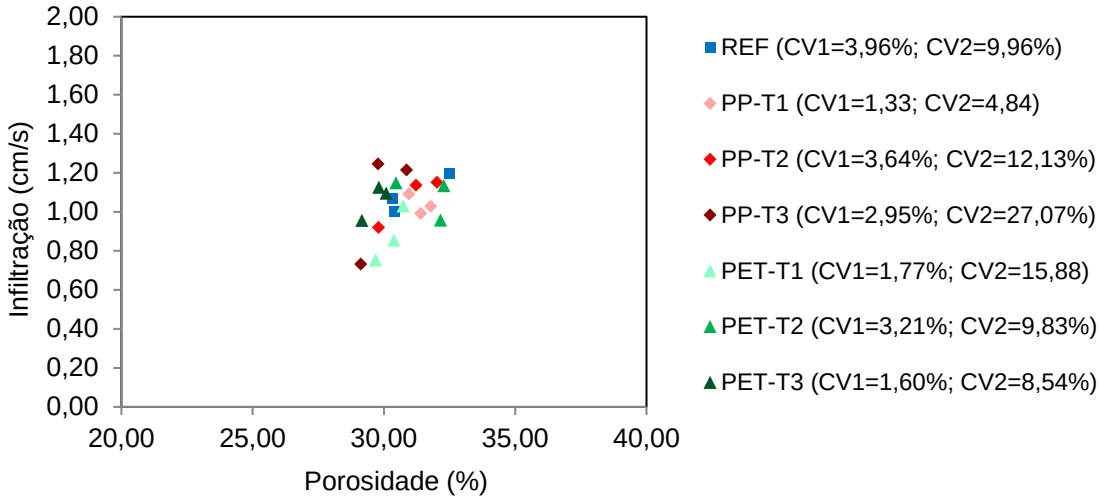
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Porosidade e infiltração

A Figura 4 apresenta os resultados de taxa de infiltração *versus* porosidade e os coeficientes de variação das amostras CV1 e CV2, em relação a porosidade e infiltração, respectivamente. Através do gráfico é possível observar que as taxas de infiltração e porosidades de todos os corpos de prova

para todos os traços estudados apresentam-se dentro da mesma faixa, com uma média de 1,04 cm/s (desvio padrão de 0,14) e 30,71% (desvio padrão de 1,02), respectivamente. A taxa de infiltração é classificada como boa de acordo com a ASTM C1701 (2009). A porosidade encontrada está de acordo com o obtido na literatura que varia de 18% a 35% (ZAETANG et al., 2016). Em suma, através da homogeneidade dos resultados é possível observar que o método de compactação se apresentou efetivo e que, através da massa específica de dosagem obteve-se a porosidade desejada.

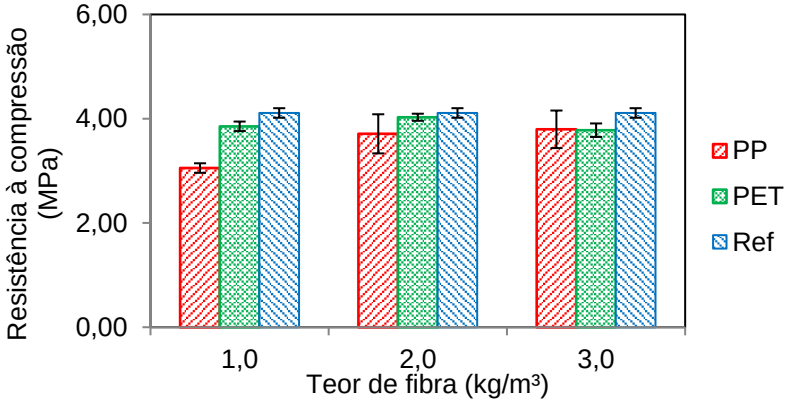
Figura 4. Resultados de infiltração (cm/s) *versus* porosidade (%)



4.2 Resistência à compressão

A Figura 5 apresenta os resultados médios de resistência à compressão uniaxial pelo teor de fibra estudado. É possível analisar que a incorporação das fibras não influencia de forma significativa a resistência à compressão do concreto permeável. Há um leve acréscimo de 21% e 24% para valores superiores a 1,0 kg/m³ para fibra de polipropileno, nos teores de 2,0 e 3,0 kg/m³, respectivamente. Os resultados para fibra de PET, mantem-se praticamente constante, com variação não significativa de 4%. No teor de 3,0 kg/m³, as fibras de polipropileno e PET apresentaram equivalente resistência à compressão.

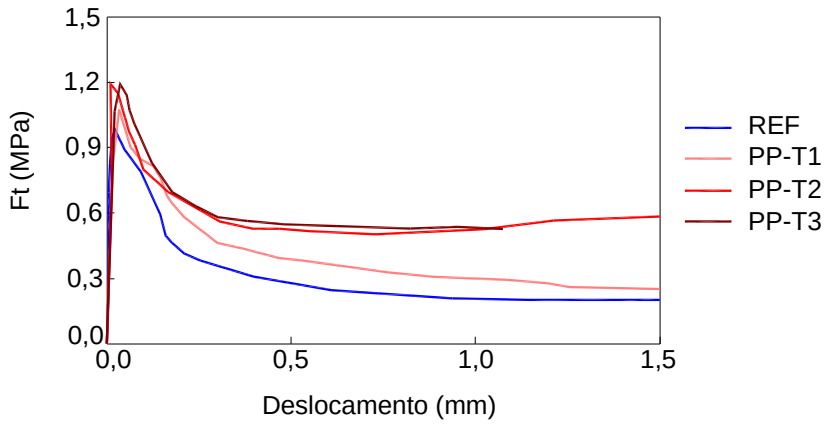
Figura 5. Resultados de resistência à compressão.



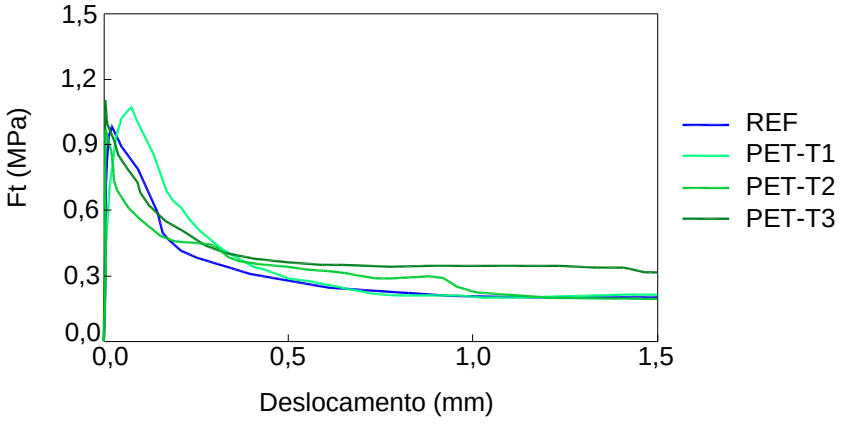
4.3 Resistência à tração na flexão

A Figura 6 apresenta os resultados médios de resistência à tração na flexão dos concretos para os dois tipos de fibras estudados. Através do gráfico, é possível observar que a adição de fibras melhora o desempenho do concreto permeável com RCD. Ressalta-se, ainda, um melhor comportamento mecânico obtido pela fibra de polipropileno em comparação a fibra de garrafa PET e o concreto de referência. O concreto permeável com fibra de polipropileno atingiu resistências mais elevadas, mantendo cargas maiores após o pico máximo, em torno de até 0,6 MPa, conforme o aumento do deslocamento. Já o concreto permeável com fibra de garrafa PET apresentou um comportamento levemente superior ao concreto sem a adição de fibra. A resistência, após o pico máximo, atingiu até 0,4 MPa. Em suma, o melhor resultado para as fibras de polipropileno e de garrafa PET foi obtido no teor de 3,0 kg/m³, que apresentou uma resistência média máxima de 1,18 MPa e 1,10 MPa, respectivamente, além de ter apresentado uma maior capacidade de manter a carga após a fissuração.

Figura 6. Resultados de resistência à tração na flexão *versus* deslocamento do concreto permeável com fibra de polipropileno (a) e fibra de PET (b).



(a)



(b)

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo verificar a possibilidade de utilização de pavimentos de concreto permeável com resíduo de construção e demolição (RCD) e fibras (polipropileno e PET). Assim, as seguintes conclusões foram obtidas:

- A adição de fibras melhora o desempenho do concreto permeável com RCD, sem prejudicar as propriedades hidráulicas (porosidade e taxa de infiltração).
- O melhor desempenho obtido por ambas as fibras (polipropileno e garrafa PET) foi no teor de 3,0 kg/m³, evidenciado pelo aumento na resistência à tração na flexão.
- A fibra avaliada como melhor nesta pesquisa, foi a fibra de polipropileno, uma vez que apresentou resistências mais elevadas em comparação com a fibra de PET, tanto máximas quanto pós pico de carregamento. Entretanto, evidencia-se o potencial de utilização da fibra de garrafa PET, já que as diferenças nos resultados não foram expressivas, enfatizando, ainda, o ganho ambiental da sua utilização.
- Os resultados para a quantidade maior de fibra de PET utilizada (3,0 km/m³), além de apresentarem valores satisfatórios em relação aos teores mais baixos, contribuem positivamente para maior destinação ao material.

Para uma melhor avaliação do desempenho do concreto permeável estudado, sugere-se como pesquisa para trabalhos futuros, uma análise da resistência ao desgaste e abrasão, e degradação das fibras ao longo da vida útil, além da utilização de teores mais elevados de fibra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C1701 / C1701M-09, Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009, p. 3.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C1754 / C1754M-12: Standard Test Method for Density and Void Content of Hardened Pervious Concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012, 3 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C78 / C78M-16, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, p. 4.

ASSOCIAÇÃO BRASILIERA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5733: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991, 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILIERA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007, 9 p.

CHANDRAPPA, A.K.; BILIGIRI, K.P. Comprehensive investigation of permeability characteristics of pervious concrete: A hydrodynamic approach. Construction and Building Materials. V. 123, p. 627-637, 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html. Acesso em: Novembro de 2016.

DUTRA, V.F.P.; PESSUTTO, A.S.; BIDINOTTO, G.B.; RUSCHEL, M.; SILVA FILHO, L. C. P. Propriedades elásticas do concreto permeável. In: 58º Congresso Brasileiro do Concreto. CBC2015 – 57CBC, Belo Horizonte, 16 p., 2015.

GAEDICKE, C.; MARINES, A.; MIANKODILA, F. A method for comparing cores and cast cylinders in virgin and recycled aggregate pervious concrete. Construction and Building Materials. V. 52, p. 494-503, 2014.

POLASTRE, B.; SANTOS, L.D. 2006. Concreto Permeável. Disponível em: http://www.usp.br. Acesso em: Novembro de 2016.

TENNIS, P.D.; LEMING, M.L.; AKERS, D.J. Pervious Concrete Pavements. EB302.02. Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, USA, 204, 36 p., 2004.

ZAETANG, Y.; SATA, V.; WONGSA, A.; CHINDAPRASIRT, P. Properties of pervious concrete containing recycle concrete block aggregate and recycle concrete aggregate. Construction and Building Materials. V.111, p. 15-21, 2016.

68. REQUISITOS DE QUALIDADE PARA O PROJETO DA NORMA BRASILEIRA DE PAREDES DE TAIPA DE PILÃO

IUNES, Isabela Maria Carvalho(isabelamariaiunes@gmail.com);MILANI, Ana Paula Silva (ana.milani@ufms.br);YUBA, AndreaNaguissa(naguissa@gmail.com)
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Brasil

RESUMO
Apesar da terra (solo) ser um material de construção milenar, pode-se dizer que o solo estabilizado apiloado (taipa de pilão) para formação de vedações monolíticas é uma forma moderna de usá-la. No entanto, apesar de terem sido desenvolvidas normas nacionais sobre blocos e tijolos de solo-cimento, ainda existem lacunas sobre diretrizes e normativas para uso corrente do material terra como paredes de edificações. Assim, o presente estudo tem como objetivo propor requisitos de qualidade para um projeto de norma sobre o desempenho físico-mecânico exigíveis para a aceitação da taipa de pilão destinada à execução de paredes estruturais e de vedação de edificações. Para tal, será realizado revisão bibliográfica sobre a relação entre índice de esbeltez e resistências características e ensaios físicos-mecânicos, envolvendo a literatura e normas nacionais e internacionais; e com base no obtido, será realizado a compatibilização de ensaios para escolha do procedimento mais adequado para a realidade brasileira, bem como definição dos requisitos mínimos de desempenho e de durabilidade do sistema construtivo paredes de taipa de pilão. Espera-se obter uma proposta de requisitos de qualidade e de critérios de projeto para paredes de taipa de pilão que considerem as especificidades desse produto, como tambéma possibilidade de inserção de alternativas mais sustentáveis de elementos e componentes construtivos confiáveis no mercado da construção civil.
Palavras-chave: Taipa de pilão; resistência característica; esbeltez; ensaios físico-mecânicos.

PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR THE PROJECT OF THE BRAZILIAN STANDARD OF RAMMED EARTH WALLS

ABSTRACT
Although earth (soil) is a millenarian building material, it can be said that the stabilized piled soil (rammed earth) for the formation of monolithic fences is a modern way of using it. Despite the fact that national standards have been developed for blocks and soil-cement bricks, there are still gaps in guidelines and regulations for the current use of earth material such as building walls. Thus, the present study aims to propose quality requirements for a draft standard on the physical-mechanical performance, required for the acceptance of rammed earth intended for the execution of structural walls and for the sealing of buildings. For this, bibliographic review will be carried out on the relationship between slenderness index andcompressive strengthand physical-mechanical tests, involving the literature and national and international standards; based on the results, it will be made the compatibility of tests to choose the most appropriate procedure for the Brazilian reality, as well as defining the minimum performance requirements and durability of the construction system of rammed earth walls. It is expected to obtain a proposal of quality requirements and design criteria for rammed earth walls that consider the specificities of this product, as well as the possibility of insertion of more sustainable alternatives of elements and reliable building components in the construction market.
Keywords: Rammedearth;strength;slenderness;physical-mechanical performance.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, nos anos 50 do século passado, foi desenvolvida uma máquina manual capaz de produzir blocos de terra crua ou solo prensado. Nos anos 80, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) promoveu o uso dotijolo de solo estabilizado ou o tijolo de solo-cimento, hoje denominados tijolos ecológicos. Apesar de terem sido desenvolvidas normas sobre tais blocos e tijolos como NBR 10833 (2012), NBR 10834 (2012), NBR 10836 (2013), NBR 8492 (2012); e a NBR 13553 (2012) sobre os materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural; os mesmos não contemplam as possibilidades e requisitos de uso do material terra em paredes de edificações.

Entre outros aspectos, também se constitui num gargalo para a difusão da terra (solo como material de construção) o preconceito da própria academia que associa a terra à pobreza, e não a considera um material capaz de gerar produtos que tenham a mesma competitividade quanto os materiais industrializados consagrados (concreto e cerâmica). No entanto, nos dias de hoje, a busca por soluções de maior sustentabilidade, requer, como estratégias aplicadas à construção civil, a redução e otimização do consumo de materiais e energia através da utilização racional dos recursos naturais, a geração de tecnologias apropriadas, a adoção de estratégias bioclimáticas, a utilização de materiais de baixo consumo energético e ouso de fontes energéticas sustentáveis, e neste âmbito a terra crua volta a interessar a um número crescente e já significativo de engenheiros, arquitetos, construtores e investigadores para sua aplicação em série.

É sabido que os materiais de construção industrializados, como a cerâmica e o concreto apresentam propriedades e características ratificadas pelo meio técnico-científico e que as mesmas aportam a credibilidade e garantia aos seus usuários. No entanto, quando se trata de construções com terra, apesar de ser um dos primeiros materiais de construção da humanidade, este material de construçãoainda não conta com catálogos de quantificação e/ou qualificação das suas propriedades, que estejam respaldadas em estudos tecnológicos. Isto cria barreiras para o seu emprego mais amplo, e impossibilita a sua concorrência com os demais componentes construtivos. Apesar daexistência do SINAT (Sistema Nacional de Avaliação Técnica) para avaliações de produtos inovadores da construção civil, a terra como material construtivo de paredes de edificações ainda necessita de estabelecimentos de diretrizes e critérios de avaliação e apresentação de especificidades para ser produzida e aplicada em série, assim como para corroborar a sua ecoeficência e maior sustentabilidade perante aos materiais convencionais, como tijolos e blocos cerâmicos e de concreto.

Deste modo, poderá passar aser produzida e aplicada em mais ampla escala, assim comocorroborar a sua ecoeficência e maior sustentabilidade perante aos materiais convencionais. Também, a construção em terra crua deixará de ser uma simples técnica empírica e terá condições de competir, como uma tecnologia inovadora, com viabilidade técnico-econômica comprovada cientificamente, aumentando as suas chances de sucesso no mercado atual.

Observa-se em diversos estudos brasileiros e internacionais, como os dos autores Delgado, Guerrero (2007); Olotuah (2002); Jayasinghe, Kamaladasa (2007); Barbosa, Ghavami (2007); Bahar et al. (2004); a descrição do uso corrente da terra para a confecção de paredes para as construções regionais, sendo verificado o grande potencial desse material que pode ser explorado para a minimização do problema da habitação, em todo o mundo, sendo uma alternativa não poluente e de baixo consumo energético. Ainda se destaque os depoimentos de proprietários de moradias popularesque alegam os seguintes motivos para a utilização deste material: tradição regional do uso da terra, como material de construção; facilidade de obtenção desta matéria-prima; dificuldades para obtenção de materiais convencionais, como cimento e cerâmica; redução de custo

do produto final; e boas características técnicas, traduzidas em termos de durabilidade e presença de conforto térmico no interior da edificação.
Um dos primeiros passos para suprir a carência dessas propriedades e características específicas da construção com terrano Brasil foi a constituição em 2015 da Comissão de Estudos de Construções com Terra CB 02 CE: 02:123.09 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a qual está trabalhando para apresentação de um inventário consistente de parâmetros de confiabilidade, que possa ser utilizado pelos usuários e/ou empreendedor como critério para a tomada de decisão quanto à opção pelo uso desta tecnologia.
Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que otimize o sistema construtivo parede monolítica de solo ou também chamado e adotado para o presente estudo parede de taipa de pilão, a partir da caracterização específica e do estabelecimento de ensaios de qualidade e durabilidade, de modo a subsidiar requisitos mínimos para o bom uso e aplicação do produto final, bem como da proposição de diretrizes para o melhoramento e replicabilidade deste sistema construtivo.

2. OBJETIVO

Propor requisitos de qualidade para um projeto de norma sobre o desempenho físico-mecânico exigíveis para a aceitação da taipa de pilão destinada à execução de paredes estruturais e de vedação de edificações.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Considerando que o presente projeto tem como uma das finalidades contribuir com o processo de estudo de construções com terra da ABNT, foi realizado compatibilização de estudos nacionais e internacionais nos seguintes indicadores:ensaios aplicáveis para caracterização físico-mecânica do material e do sistema de construção de parede de taipa de pilão; requisitos mínimos para verificação de qualidade e durabilidade do material, da fabricação da parede e do sistema de construção de parede de taipa de pilão.
Para se estabelecer método adequado de ensaios foi feita uma revisão bibliográfica sobre o tema paredesde taipa de pilão, envolvendo a literatura e normas nacionais e internacionais. Com base no obtido, foramreproduzidosalguns ensaios para escolha do procedimento mais adequado para a realidade brasileira e estudada a influência das condições de contorno (tipo de capeamento, tipo de disposição de aplicação de carga, amostragem, dimensões do corpo de prova, etc) na determinação da resistência mecânica e caracterização física e dimensional. Com referência aos ensaios de durabilidade foram investigados os métodos de resistência do material saturado, resistência após ciclos de molhagem e secagem, perda de massa sob jato de água na superfície e perda de massa por abrasão da superfície.
Para a definição dos requisitos mínimos de desempenho das paredes de taipa de pilão,no que diz respeito à qualidade e à durabilidade, foi estabelecida considerando-se as informações da literatura de países que utilizam esta tecnologia, assim como a experimentação realizada nesse projeto. As normas brasileiras de tijolos eblocos de solo-cimento existentes e estudos de casos brasileiros de edificações com o uso de parede de taipa de pilão também foram consideradas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Definição de parede de taipa de pilão

As normas brasileiras referentes ao uso da terra como material e tecnologia construtiva abordam a aplicação da terra estabilizada com cimento, contemplando os componentes construtivos blocos, tijolos e paredes monolíticas. No entanto, para envolver a tecnologia terra compactada ou apiloada em camadas sucessivas, verticalmente, com o auxílio de soquete manual ou mecânico e fôrmas removíveis, qual será a terminologia mais adequada para se intitular um sistema construtivo vernacular e ao mesmo tempo contemporâneo por se utilizar de tecnologias para melhoramento de sua qualidade e produtividade.

Partindo-se do preceitode terminologia utilizada na engenharia, as intitulações parede monolítica de solo, parede maciça de solo, monobloco de terra, parede de solo compactado, parede de solo apiloado e outros dessa natureza são termos aplicados as propriedades do material (mecânica dos solos) como também nomes colocados para caracterizar a técnica aplicada no material (sistemas construtivos).

Diversos dicionários trazem osignificado de taipa como Dicionário de Corona & Lemos (1972) "TAIPA - Nome genérico que se costuma dar a todo sistema construtivo em que se emprega, na confecção de paredes e muros de fecho, a terra umedecida ou molhada. Não se trata de alvenaria de terra ou barro, como no caso do ADOBE. Trata-se de qualquer sistema em que os panos contínuos são executados diretamente no local, em que a terra não sofreu nenhum beneficiamento anterior"; Dicionário Raphael Bluteau (séc. XVIII)"TAIPA - parede feita de terra, ou barro calcado entre dois tabuões paralelos, cuja distância é proporcionada à grossura da parede" ; e Dicionário Etimológico Prosódico da Língua Portuguesa de Francisco da Silveira Bueno “TAIPA - Muro, parede feita de terra socada”.

Mundialmente o sistema construtivo de parede de terra compactada é intitulada desta maneira: Taipa em Portugal;Tapia na Espanha, Pisé na França e Rammed Earth nos Estados Unidos da América e Grã-Bretanha.

Sob o caráter histórico e cultural regional do Brasil, o termo Taipa de Pilão é de conhecimento “intrínseco” ou “empírico” da população brasileira para a confecção de um fechamento com terra compactada, sendo reafirmado pilão para diferenciação da nossa cultura que tem taipa de mão, taipa de sopapo, e também o nome taipa em regiões brasileiras é conhecida como pau a pique.

Portanto, considerando os termos da engenharia aliado aos termos regionalizados no mundo, tem-se a proposta de definir para normativa brasileira a parede de taipa de pilão comoproduto endurecido resultante do apiloamento do solo em determinada umidade de compactação, em camadas sucessivas, verticalmente, com o auxílio de soquete manual ou mecânico e fôrmas removíveis. O solo poderá ser estabilizado com aditivos/adições em proporções que permaneça o solo como matriz do produto final.

4.2 Requisitos gerais da parede de taipa de pilão

Para a parede de taipa de pilão obter um desempenho mecânico aceitável se partiu da aplicação da teoria de flambagem da resistência dos materiais, sendo que uma parede de taipa de pilão pode ser considerada como pilar largo. Foi adotado para os cálculos a excentricidade de carga igual a 1/6 da espessura (e) da parede, pilar bi-rotulado; e altura (h)de3,00 m de pé direito.

Considerando a parede de taipa de pilão como um pilar esbelto, aplicou-se o índice de esbeltezmáximono valor de 80, obtendo assim a espessura mínima da parede de taipa de pilão em torno de 12,9 cm, o que é razoável adotar como normativa a espessura mínima de 12 cm e esbeltezmenor ou igual a h/e = 25 para uma parede de vedação de edificação. Já as paredes de

taipa de pilão estruturais usualmente apresentam grandes espessuras, assim diminuindo o índice e esbeltezea necessidade de elevada resistência do material solo compactado. Dessa forma, é interessante o valor mínimo de 20 cm de espessura, proporcionando esbeltez menor ou igual a h/e = 15 para parede estrutural de edificação.

Utilizandoestes índices de esbeltez, a relação tensão crítica e tensão de ruptura em função da esbeltez da parede de taipa de pilãodeterminada por CEPED (1984), coeficiente de segurança igual a 2 e cargas permanentes para parede de vedação e estrutural nos valores de 0,5 kg/cm² e de 1,5 kg/cm², respectivamente, conforme NBR 6120 (1980); têm-se para paredes de vedação a resistência mínima à compressão de 0,5 MPa e para paredes estruturais o valor mínimo de 0,9 MPa de resistência à compressão; valores estes que podem ser considerados como critérios mínimos para o alcance do desempenho mecânico das paredes de taipa de pilão.

Delgado, Guerrero (2007) realizaram uma coletânea sobre as recomendações acerca da seleção do solo para utilização como elemento construtivo taipa de pilão. Os autores verificaram que, independente da procedência das diretrizes técnicas, as mesmas recomendam à avaliação do solo sob os aspectos de distribuição granulométrica, índice de plasticidade e umidade de compactação para obter um produto final com bom desempenho físico-mecânico e durabilidade. Logo, a compactação do solo é outra propriedade relevante para se obter a redução da permeabilidade, compressibilidade e capacidade de absorção de água da taipa de pilão, tornando-se um sistema construtivo mais estável.

Maniatidis, Walker(2003) colocam que o conhecimento sobre a densidade seca ou massa especifica aparente seca da taipa de pilão é essencial para cálculos de cargas dos elementos estruturais, ressaltando que a taipa de pilão encontra a sua densidade seca na faixa de 1700 a 2200 kg/m³.

Reddy, Kumar (2010) em estudos sobre a estabilização da taipa de pilão com adição de material cimentícioencontraramuma correlação linear entre a densidade seca e a resistência à compressãoda taipa de pilão, sendo que para o alcance de resistência de 1,5 MPa, a taipa de pilão adicionada de cimento apresentou de 1650 kg/m³, e um aumento sucessivo da resistência tanto quanto maior foi o aumento da densidade e do teor de adições cimentícias.

Portanto, é imprescindível conhecer a umidade ótima do solo numa determinada energia de compactação aplicada para obter sua massa específica aparente seca, sendo que para atingir a resistência mínima de 1,5MPa é necessário que a taipa de pilão apresente massa específica aparente seca mínima de 1700 kg/m³.

4.3 Requisitos específicos da parede de taipa de pilão

4.3.1 Resistência a compressão

Maniaditis, Walker (2008) citaram que é de suma importância que o corpo de prova da parede de taipa de pilãoensaiado possua forma de um prisma. Esse procedimento deveocorrer, pois quando se faz um prisma de solo compactado, utiliza-se a mesma forma e energia de produção que é utilizado ao se fazer paredes de taipa de pilão, dessa maneira, pode-se encontrar maiores correlações entre o resultado de resistência do corpo de prova e o desempenho da parede. A diferença de resistência entre o corpo de prova cilíndrico e o prisma seria a distribuição da tensão ao comprimi-lo,sendo que a forma cilíndrica consegue distribuir uniformemente por toda área tensionada, enquantoqueo prisma não é uniforme em suasarestas, diminuindo sua resistência localizada.

Tripura, Singh (2015); Tripura, Singh(2014); e Maniaditis, Walker (2008) estudaram a correlação existente entre os formatos de corpos de prova e parede de taipa de pilão em relação ao parâmetro de resistência à compressão simples. Os referidos autores utilizaram para a aplicação de ensaios

de compressão axial corpos de prova nos formatos cilíndrico e prismático;e dimensões de corpos de prova de taipa de pilão com esbeltezde 2, 8 e 10 (Tabela 1).

Tabela 1. Relação entre as resistências de corpos de prova de taipa de pilão

AUTOR	DIMENSÃO DO CORPO DE PROVA E SUA ESBELTEZ (cm)	PROCESSO PRODUTIVO	AMOSTRAGEM	RELAÇÃO DA RESISTÊNCIA
Tripura, Singh (2014)	i) ϕ = 15; H= 30 **(λ = 2)** ii)ϕ=15;H=120 **(λ = 8)** iii)ϕ=15;H=150 **(λ = 10)**	soloadicionado 10% de cimento em todas as amostras, compactadas com energia proctor normal e 28 dias de cura	produziram 5 amostras de cada dimensão, todos de formato cilíndrico	$\frac{\delta\,(ii)}{\delta\,(i)}$=0,74 $\frac{\delta\,(iii)}{\delta\,(i)}$=0,68
Tripura, Singh (2015)	i)15x15x30 (.**λ = 2)** ii)15x15x120 **(λ = 8)** iii)15x15x150 **(λ = 10)**	soloadicionado 10% de cimento em todas as amostras, compactadas com energia de proctor e 28 dias de cura	produziram 5 amostras de cada dimensão, todos de formato prismático	$\frac{\delta\,(ii)}{\delta\,(i)}$=0,74 $\frac{\delta\,(iii)}{\delta\,(i)}$=0,68
Maniaditis, Walker (2008)	i)30x30x60 **(λ = 2)** ii)30x30x240 **(λ = 8)** iii)ϕ30x30x300 **(λ = 10)**	i)confeccionadocom energia de proctor normal ii) e iii)Compactados com pilão pneumático	posteriormente foram comparados com método analítico e coincidiram os resultados	$\frac{\delta\,(ii)}{\delta\,(i)}$=0,81 $\frac{\delta\,(iii)}{\delta\,(i)}$=0,71

Φ = Diâmetro do cilindro; H= altura do cilindro;prismático=espessura x largura x altura;
λ =altura/ espessura; δ = resistência à compressão axial

Considerando as relações encontradas na tabela 1, quanto maiores as dimensões dos corpos de prova de taipa de pilão têm-se um aumento significativo do seu peso, o que torna inviável o transporte e a aplicação dos ensaios laboratoriais para atendimento normativo. Outro ponto importante da tabela 1 é que a relação encontrada entre os corpos de prova com altura duas vezes maior que a sua espessura e pilares de taipa de pilão geram fatores de correção entre 0,68 e 0,81. Dessa maneira, pode-se recomendar que os valores de resistência da parede de taipa de pilão será 70% do valor encontradoao se realizar o ensaio de compressão axial em uma amostra composta por corpos de prova prismáticos, com características de execução semelhantes a parede de taipa de pilão.

4.3.1 Durabilidade

Outrorequisito de qualidade importante que a parede de taipa de pilão deve apresentar é a durabilidadeda superfície da parede quando exposta a agentes ambientais como umidade, e agentes físicos como erosão e abrasão, visto que tais açõesinterferem significativamente no

desempenho físico-mecânico da taipa de pilão ao longo do tempo.Normativas internacionais como a NZS 4298 (1998) abordam três tipos de testes para qualificar a durabilidade de construções com terra e são estes: *Spray test* (teste com jato de água); *Geelongtest* (teste do gotejamento); e os ciclos de secagem e molhagem (ciclagem).

A idéia do teste*Spray Test*é de pulverizar com água a face de uma amostra prismática de um elemento construtivo de terra durante 60 minutos, com uma pressão de 50 KPa e, a cada 15 minutos, anota-se a erosão provocada em sua superfície. Após os 60 minutos, analisa-se o elemento, e de acordo com a deformação da superfície provocada pela água, o bloco compactado é classificado em um "índice de erodibilidade" (Tabela 2). Ainda segundo esta norma, para que o elemento construtivo de terra possa ser utilizado externamente, deve apresentar um índice de erodibilidadeigual a 1. Este teste também existe em documentos normativos da Austrália, conhecido como AcceleratedErosion Test ou AET (CIANCIO et al., 2016).

Tabela 2. Índice de erodibilidade de acordo com o Spray test

PROPRIEDADES	CRITÉRIOS (mm)	ÍNDICE DE ERODIBILIDADE
Profundidade da erosão D (mm/hora)	0≤ D <20	1
	20≤ D <50	2
	50≤ D <90	3
	90≤ D <120	4
	120≤ D	5 (falhou no teste)

Falceto, Mazarrón, Canãs(2012) aplicaram o Spray Test em prismas de terra compactado sem e com adição de cimento. De acordo com os resultados dos referidos autores, nenhuma amostra de taipa de pilão sem estabilização com cimento quando aplicado o teste com jato de águaalcançou os índices adequados para aplicação como sistema construtivo, porém, com adição de 5% de cimento, todos os blocos de terra estabilizadosnão apresentaram erosão em sua superfície, demonstrando-se materiais mais duráveis. Ciancio, Jacquin, Walker(2016) também aplicaram o teste com jato de água em variedades de solos compactadossem estabilizaçãocimentíciae constataram que nenhuma amostra de terra apresentou adequabilidade no quesito de índice de erodibilidade.

Apesardo Spray Test reprovara taipa de pilão sem estabilizantes, Kianfar,Toufigh (2016) consideram que este tipo de teste extrapolaa realidade que uma parede de taipa de pilão estará exposta durante sua vida útil, isto porque dificilmente ocorrerá uma precipitação com alta pressão em uma área localizada da parede. Um exemplo dessa contradição foi verificado por Buiet al. (2008), os quais analisaramprotótipos de paredes de taipa de pilão expostas as condições ambientaisdurante 20 anos, e após esse período, as paredes apresentaram nenhuma ou pouquíssimas deformações (fissuras, arrancamentos, marcas e falhas superficiais, eflorescência e desagregação) com menos de 2% do valor total da sua área de superfície, comprovando que a taipa de pilão é um produto que apresenta durabilidade e que vários defeitos ou mau desempenho do sistema está atrelado ao processo construtivo e não ao seu desgaste ou erosão da superfície ao longo do tempo.

O *Geelongtest* consiste em um gotejamento de água sobre um elemento construtivo de terra, e após 400ml de água derramados, analisa-se a deformação ocorrida na superfície do bloco de terra. De acordo com a normaNZS 4298 (1998), este seria um teste simplificado do ensaio Spray Test, e por isso utiliza-se a mesmo tipo de classificação quanto ao índice de erodibilidade, no entanto os critérios de cada índice estão alterados, pois a amostra não sofre o mesmo tipo de pressão (Tabela

3). De acordo com os novos parâmetros, neste teste de gotejamento, o elemento construtivo de terra deve apresentar o índice de erodibilidade 2 para ser aplicado áreas externas.

Tabela 3. Índice de erodibilidade para o Geelong test

CRITÉRIO (mm)	ÍNDICE DE ERODIBILIDADE
0≤ D < 5	2
5≤ D < 10	3
10≤ D <15	4
15≤ D	5 (falhou ou reprovou no teste)

Silva, Oliveira (2013) encontraram solos compactados com diferentes distribuições granulométricasque atendem ao índice mínimo de erodibilidade do teste de gotejamento. O ensaio de gotejamento se assemelha um pouco mais com as condições ambientais reais pelo fato da água cair de maneira natural, pela gravidade, como acontece com as precipitações, desconsiderando impactos de chuvas dirigidas. Falceto, Mazarrón, Canãs (2012) também aplicaram o teste de gotejamento nas mesmas amostras de taipa de pilão em que aplicaram o teste com jato de água, e, desta vez, todas as amostras apresentaram índice de erodibilidade adequados para sua aplicação.A partir disso, o ensaio de gotejamento de água apresenta resultados commaior correspondênciaas condições reais de exposição da parede de taipa de pilão, bem como maior facilidade de adequação e instrumentação nos laboratórios brasileiros para realizarem ensaios de durabilidade da taipa de pilão.

Os ciclos de molhagem e secagem se assemelham com o ensaio de durabilidade realizado em materiais cimentícios (argamassa e concreto), porém, no caso do ensaio descrito nas normativas da Nova Zelândia, ele deve ser feito posteriormente ao Spray Test. Narloch et al. (2015) aplicou os procedimentos elencados na normaNZS4298 (1998), e constatou que nenhum bloco de terra sem estabilização passa no teste sem sofrer deformação. Este resultado é esperado, pois no próprio teste do jato d'água, os blocos de terra sem adição de cimento sofreram deformações, e então, adotar como embasamento um teste que já reprova em primeira instância, dificilmente passará no teste posterior. Além disso, o teste de ciclagem também não retrata a realidade de uma parede de taipa de pilão, visto que a mesma não deve permanecer em contato direto com água, independente de estar ou não estabilizada quimicamente.

5. CONCLUSÃO

Como proposta de requisitos de qualidade para um projeto de norma no que tange ao desempenho físico-mecânico e durabilidade exigíveis para a aceitação da taipa de pilão destinada à execução de paredes estruturais e de vedação de edificações são colocados: para a representação da parede de taipa de pilão deve ser considerado o prisma de taipa de pilão, a qual deve possuir a forma externa de um paralelepípedo quadrado e ter as seguintes dimensões mínimas: espessura (e) de 12 cm; comprimento (c) e altura (h) de 24 cm. No entanto, pode apresentar dimensões diferentes da estabelecidas nesta norma desde que o comprimento (c) e a altura (h) do prisma sejam duas vezes a sua espessura (e); resistência característica à compressão simples da parede de taipa de pilão é 70% da resistência média obtida do ensaio aplicado na amostra de prismas; a espessura mínima da parede de taipa de pilão para vedação é de 12 cm; e para a parede de taipa de pilão com função estrutural é de 20 cm; aesbeltez da parede de taipa de pilão, razão entre a altura (h) e a espessura (e) da parede, não deve exceder a 25 para parede de vedação e deve ser no máximo

15 para parede estrutural; a parede de taipa de pilão deve apresentar massa especifica aparente seca mínima de 1700 kg/m³.
Quanto a resistência à compressão simples do prisma de taipa de pilãodeve apresentar média dos valores de resistência à compressão igual ou maior do que 1,5 MPa (15 kgf/cm²) e valor individual superior a 1,3 MPa (13 kgf/cm²); e de durabilidade à erosão da superfície do prisma de taipa de pilãodeve apresentar profundidade de erosão da superfície menor que 10 mm e profundidade de penetração de água inferior a 120 mm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; NBR 10833 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; NBR 10834- Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Requisitos,2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; NBR 10836 - Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; NBR 13553 - Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural — Requisitos, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; NBR 8492 - Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio, 2012.

BAHAR, R.; BENAZZOUG, M.; KENAI, S.Performance of compacted cement-stabilised soil. Cement& Concrete Composites. n.26, p. 811–820, 2004.

BARBOSA, N. P.; GHAVAMI, K. Terra crua para edificações. Materiais de Construção, IBRACON. Capitulo 45, 2007.

BUENO, Francisco da Silveira. Dicionário Etimológico-Prosódico da Língua Portuguesa. São Paulo: Saraiva, 1963. 5078p.

BUI, Q. B; MOREL, J.C.; REDDY, B. V.; GHAYAD, W.Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering. Building and Environment. N. 44, p.912–919, 2008.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO – CEPED. Manual de construção com solo-cimento. São Paulo: ABCP, 1984.147p.

CIANCIO,D.; JACQUIN,P.; WALKER, P. Advances on the assessment of soil suitability for rammed earth. Construction and Building Materials. N.42, p.40–47, 2013.

CORONA,Eduardo. LEMOS,Carlos Alberto. Dicionário da arquitetura Brasileira. São Paulo: Livraria Editora, 1972. 472 p.

DELGADO, M. C. J.; GUERRERO, I. C. The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. Construction and Building Materials. n.21. p.237-51, 2007.

Dicionário Raphael Bluteau,séc. XVIII.

FALCETO,J.; MAZARRÓN,F.; CANÃS, I. Assessment of compressed earth blocks made in Spain: International durability tests. Construction and Building Materials. N.37, p.738–745 ,2012.

JAYASINGHE, C.; KAMALADASA, N. Compressive strength characteristics of cement stabilized rammed earth walls. Construction and Building Materials. n.21, p.1971-76, 2007.

KIANFAR, E.; TOUFIGH, V. Reliability analysis of rammed earth structures. Construction and Building Materials. N.127, p.884–895,2016.

MANIADITIS, V.; WALKER, P. StructuralCapacityofRammedEarth in Compression.2008.

MANIADITIS, V.; WALKER, P. A. Review of Rammed Earth Construction for DTi Partners in Innovation Project'Developing Rammed Earth for UK Housing. 2003

NARLOCH, P. L.; WOYCIECHOWSKI, P.; DMOWSKA, E; HALEMBA, K.DurabilityAssessment of MonolithicRammedEarthWalls. Archives of Civil Engineering. V.LXI, N.2, p.73-88, 2015.

NEW ZEALAN EDICT OF GOVERNMENT. NZS 4298. Materials and workmanship for earth buildings [Building Code Compliance Document E2 (AS2)] ,1998.

OLOTUAH, A. O. Recourse to earthforlow-costhousing in Nigeria. Building and Environment. n.37, p.123-29, 2002.

REDDY, B.; KUMAR, P.Cementstabilisedrammedearth. Part A: compactioncharacteristics and physicalproperties of compactedcementstabilisedsoils. Materials and Structures. N.44, p.681-693, 2010.

SILVA, R. A.; OLIVEIRA, D. V.; MIRANDA, T.; CRISTELO, N.; ESCOBAR, M. C; SOARES, E.Rammedearthconstructionwithgranitic residual soils: The case studyof northern Portugal. Construction and BuildingMaterials. N.47, p.181–191,2013.

TRIPURA, D.; SINGH, K. Axial load-capacity of rectangular cementstabilizedrammedearthColumn. EngineeringStructures. N.99, p.402–412, 2015.

TRIPURA, D.; SINGH, K. Behavior of cement-stabilizedrammedearth circular columnunder axial loading. Materials and Structures. N.49, p.371–382, 2014.

87. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO EM EDIFICAÇÕES EMPREGANDO A ENGENHARIA DO VENTO COMPUTACIONAL

NASCIMENTO, Anderson Viana[1](anso_viana@hotmail.com); BONO, Giuliana Furtado Franca*[2](bonogustavo@gmail.com); BONO, Gustavo[3] (bonogustavo@gmail.com)*
[1,2,3]Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil

RESUMO
A crescente concentração da população nas cidades demanda cada vez mais uma criteriosa avaliação das condições do meio, de forma que possam ser reforçadas as características geométricas da edificação permitindo chegar próximo a uma condição de máxima eficiência energética. A diversidade dos espaços urbanos produz alterações no microclima, afetando o desempenho térmico das edificações e, consequentemente, o seu consumo de energia. Nas regiões de clima quente, a ventilação natural constitui o meio mais eficiente de se obter conforto térmico por vias passivas. Visando isso, o objetivo do presente trabalho é estudar, através da Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD), a aerodinâmica de modelos de edifício de pequena altura, observando como as condições geométricas influenciam a ventilação natural. As equações de Navier-Stokes e uma equação de conservação de massa considerando a hipóteses de pseudo-compressibilidade são resolvidas empregando o programa HEXAFEM_3D_IFF. A turbulência é analisada utilizando a Simulação de Grandes Escalas (LES – *Large Eddy Simulation*) com o modelo clássico de Smagorinsky. O Método dos Elementos Finitos é empregado para a discretização do domínio espacial. Este trabalho explora os efeitos da interferência do edifício (quatro diferentes telhados de duas águas, aberturas nas paredes de barlavento e sotavento) na ventilação natural, utilizando técnicas da CFD. Algumas simulações numéricas envolvendo modelos de edifício de pequena altura são realizadas e os resultados obtidos com o presente programa são comparados com as predições experimentais obtidas de análises em túnel de vento.
Palavras-chave: Engenharia do Vento Computacional; Ventilação Natural; Simulação Numérica; Método dos Elementos Finitos.

ANALYSIS OF PRESSURE DISTRIBUTION IN BUILDINGS BY APPLYING COMPUTATIONAL WIND ENGINEERING

ABSTRACT
The growing concentration of the population in the cities demands increasingly a careful evaluation of the conditions of the environment, so that the geometric characteristics of the building can be reinforced, allowing to arrive close to a condition of maximum energy efficiency. The diversity of urban spaces produces changes in the microclimate, affecting the thermal performance of buildings and, consequently, their energy consumption. In hot climates, natural ventilation is the most efficient way to obtain thermal comfort by passive means. Aiming at this, the objective of the present work is to study, through Computational Fluid Dynamics (CFD), the aerodynamics of low-rise building models, observing how the geometric conditions influence the natural ventilation. The Navier-Stokes equations and a mass conservation equation considering the pseudo-compressibility hypotheses are solved using the HEXAFEM_3D_IFF program. Turbulence is analyzed using Large Eddy Simulation (LES) with the classical Smagorinsky model. The Finite Element Method is used for the discretization of the spatial domain. This paper explores the effects of building interference (four different roof pitches, openings on the windward and leeward walls) on natural ventilation using CFD

techniques. Some numerical simulations involving low-rise building models are carried out and the results obtained with the present program are compared to experimental predictions obtained from wind tunnel analyses.
Keywords: Computational Wind Engineering; Natural Ventilation; Numerical Simulation; Finite Element Method.

1. INTRODUÇÃO

Em regiões de clima quente são necessários mecanismos, naturais ou artificiais, para obtenção conforto térmico no interior das edificações. Dentre os mecanismos artificiais, os equipamentos de refrigeração tornaram-se bastante populares nas últimas décadas. Contudo, tais aparelhos se comportam como vilões no consumo de energia elétrica nos centros urbanos. Estima-se que o consumo dos sistemas de refrigeração e ar-condicionado é aproximadamente 15% da eletricidade utilizada em todo o mundo. Existem também outros problemas associados ao uso destes sistemas, como o caso dos problemas ambientais, decorrentes das emissões dos gases de refrigeração usados nas instalações de ar condicionado, que afetam de forma significativa a camada de ozônio e contribuem para o aquecimento global (GHIAUS; ALLARD, 2004).
Para evitar-se os problemas citados, o uso da ventilação natural é uma ótima solução. A Norma NBR 15220 (ABNT, 2005), que apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, indica a ventilação natural como estratégia de condicionamento térmico passivo em 7 das 8 zonas nas quais o país foi subdividido. As recomendações para a ventilação natural, de acordo com as zonas, variam entre ventilação permanente (durante todo o ano ou no verão) e ventilação seletiva (nos períodos quentes, quando a temperatura exterior for menor que a interior).
É válido lembrar que a importância da ventilação natural se dá também por razões de salubridade dos ambientes e de seus ocupantes, pois permite uma renovação contínua do ar interno de um recinto. Bower (1995) destaca que a ventilação garante aos usuários um ar confortável e saudável, além de poder ser utilizada para diluir os poluentes.
A ventilação natural de uma edificação pode ser estimada por diferentes ferramentas de predição. Dentre as mais recorrentes na bibliografia, destacam-se cinco ferramentas, são elas: os modelos algébricos, os modelos empíricos, as medições in loco, experimentos em escala reduzida e as simulações em CFD. Os modelos algébricos possuem grande embasamento teórico do fenômeno físico, porém tendem a apresentar grau de incerteza elevado, principalmente em casos mais complexos. Os modelos empíricos são adaptações dos modelos algébricos, onde se realizam experimentos, medições ou simulações a fim de melhor a precisão dos modelos, porém o método torna-se bastante limitado. As medições in loco são bastante precisas, já que trabalham em situação real, entretanto apresentam custo elevado e não permitem a manipulação das condições de escoamento. Já os experimentos em escala reduzida permitem a manipulação de das condições de escoamento, contudo ainda apresentam o problema de custo. Por fim, a Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD do inglês *Computational Fluid Dynamics*) permite realizar simulações numericamente, de forma a ter total controle sobre as condições de escoamento e possibilidade de simulações complexas, tudo isso com custo reduzido (ARAÚJO; CUNHA, 2010).
Bournet e Boulard (2010) comentam que com o recente desenvolvimento da CFD há a possibilidade de estudar-se os efeitos de ventilação sob variadas configurações geométricas e climáticas. Atualmente esta abordagem é amplamente conhecida e aplicada em diversos campos da engenharia, pois a disposição de poderosos computadores proporciona praticidade e precisão nas simulações numéricas. Portanto a CFD mostra-se uma ferramenta bastante eficiente para o estudo da aerodinâmica e ventilação natural de edificações.

A CFD trata, principalmente, de resolver as Equações de Navier-Stokes, que são equações diferenciais parciais que descrevem o escoamento do fluido (SOUZA, 2013). Diversos trabalhos, como os realizados por Braun e Awruch (2009), e Bono e Bono (2014) demostram que o Método dos Elementos Finitos (FEM) apresenta ótimos resultados na resolução das equações diferenciais parciais em domínios complexos. Um bom refinamento da malha e a distribuição conveniente dos elementos favorecem a minimização de erros.

No Brasil, foram realizados diversos estudos de ventilação natural com CFD em diferentes cidades. Lôbo e Bittencourt (2003), por exemplo, fizeram uso de softwares comerciais para estudo de ventilação natural, com foco na análise de captadores vento, que consistem em dispositivos situados acima do nível da coberta das edificações, agindo como coletores ou extratores do fluxo de ar.

Leite e Frota (2009), e Trindade *et al*. (2010) realizaram estudos da ventilação em grandes edifícios em cidades do nordeste brasileiro, onde há grande necessidade de otimização da ventilação natural devido ao clima quente. Os estudos foram feitos nas cidades de Fortaleza/CE e Natal/RN, respectivamente. Trindade *et al*. (2010) obtiveram excelentes resultados simulando o escoamento dentro de galpões. A pesquisa realizada por Leite e Frota (2009) merece destaque devido ao nível de complexidade da simulação, onde são modeladas variadas edificações dentro de um mesmo domínio computacional, demonstrando o grande potencial do método em resolver enorme gama de problemas.

No presente trabalho, são apresentados resultados numéricos de quatro modelos de edificações baixas, com telhados plano e de duas águas, os ângulos dos telhados investigados foram 0º, 30º, 45º e 60º. Cada modelo foi investigado considerando um ângulo de incidência do vento de 0º (casos frontais) e 90º (casos laterais), respectivamente. Também foram feitas simulações de modelos com diferentes aberturas, utilizando o modelo de telhado plano. Em função dos resultados obtidos foi possível determinar como a inclinação do teclado influencia fortemente a topologia do escoamento e a distribuição de pressão sobre a edificação.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo geral avaliar, através da Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD), a aerodinâmica de modelos de residências, observando como suas características geométricas podem afetar a distribuição de pressão do vento no seu entorno, a fim de analisar as condições de ventilação natural, tanto em seu interior quanto em seu exterior.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para revolver problemas com ferramentas da CFD podem-se empregar pacotes comerciais (ANSYS-CFX, ANSYS-Fluent, STAR-CCM+, PHOENICS, etc.), pacotes com código aberto (OpenFOAM, SU2, FEniCS, etc.) ou códigos próprios ("*in house*"). Os pacotes comerciais têm a desvantagem de não fornecem um completo entendimento da modelagem e implementação numérica devido à falta de acesso a seus códigos. Além do mais, o pagamento das licenças limita seu uso em escritórios de engenharia e arquitetura de pequeno e médio porte. Os pacotes com código aberto, são uma ótima alternativa, entretanto, requerem do usuário um grande esforço para sua implementação. Os códigos próprios permitem uma maior flexibilidade com relação às necessidades do usuário, facilitam a implementação de novas formulações e técnicas, além, das vantagens didáticas para alunos de graduação e pós-graduação. Como desvantagens podem-se citar uma menor eficiência computacional em comparação com os códigos comerciais.

Nas últimas décadas, os programas baseados na Dinâmica dos Fluidos Computacional permitiram resolver problemas relacionados à ventilação em edificações e em conjuntos habitacionais. O programa HEXAFEM_3D_IFF (Bono *et al*., 2011), atualmente em desenvolvimento no grupo de Engenharia Computacional, faz uso destas técnicas e foi empregado para as simulações numéricas. No modelo numérico que foi empregado, o escoamento é governado pelas equações de Navier-Stokes e pela equação de conservação de massa, considerando-se a hipótese de pseudo-compressibilidade para problemas isotérmicos. Será empregado o Método dos Elementos Finitos (MEF) para a discretização espacial do domínio de análise, utilizando o elemento isoparamétrico hexaédrico de oito nós. O programa HEXAFEM_3D_IFF emprega o esquema explícito de dois passos de Taylor-Galerkin, ver detalhes em Bono *et al*. (2011) e Cabral *el al*. (2012). Para o caso de escoamentos turbulentos, será empregada a Simulação de Grandes Escalas (LES) com o modelo clássico de Smagorinsky para as escalas de turbulência inferiores à resolução da malha. Empregou-se, portanto, uma formulação clássica do MEF, com implementação para malhas estruturadas e com formulação totalmente explícita.

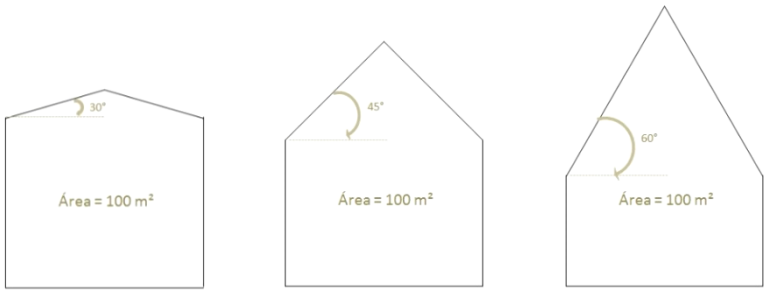
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Modelo com teto de duas águas

A maioria das estruturas construídas no mundo para fins residenciais, comerciais e outros propósitos podem ser classificadas como edificações baixas. Este tipo de edificação apresenta diferentes sistemas de cobertura, sendo geralmente os telhados de uma e duas águas os mais adotados, pois são os mais simples do ponto de vista construtivo e de projeto. No Brasil, as edificações com telhados de duas águas são muito empregadas, por exemplo em: pavilhões industrias, residências unifamiliares e multifamiliares, entre outros. Uma elevada porcentagem de edificações construídas no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida adotam este tipo de solução construtiva.

A inclinação do telhado tem uma forte influência nas sucções locais, nos valores médios e nos valores máximos das sucções e sobrepressões, a diferença entre essas grandezas define a intensidade do escoamento do vento no interior da edificação. Nesse âmbito, visa-se estudar numericamente como a posição geométrica da edificação e a inclinação do telhado influencia a distribuição de pressão nas fachadas da construção. Para isto, é simulado o escoamento ao redor de quatro modelos de edificações considerando-se telhados planos ou de duas águas. As faces principais da edificação mantêm a mesma área para todos os casos citados, na Figura 1, mostram-se os tetos inclinados que foram analisados.

Figura 3. *Faces pentagonais dos casos de teto duas águas*



Deve-se ressaltar que todas as simulações dos modelos de teto duas águas empregam as mesmas dimensões para o domínio computacional, condições iniciais e condições de contorno do escoamento, alterando-se apenas a malha de elementos finitos. Na Figura 2, mostra-se o domínio utilizado.

Foi adotado um perfil de velocidade exponencial de camada limite atmosférica com um ângulo de ataque igual a 0º e caracterizado por um número de Reynolds igual a $7x10^4$, calculado com base na velocidade de entrada V_0 = 10 m/s a uma altura de δ = 20 m, viscosidade cinemática de u = $1.43x10^{-3}$ m^2/s e com uma dimensão característica da edificação H = 10 m. Na Tabela 1, apresentam-se as condições de contorno prescritas nas faces mostradas na Figura 2.

Figura 4. Domínio computacional do primeiro modelo

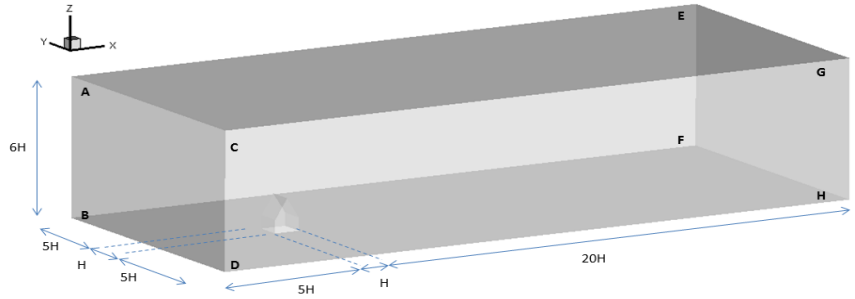


Tabela 5. *Condições de contorno dos modelos apresentados*

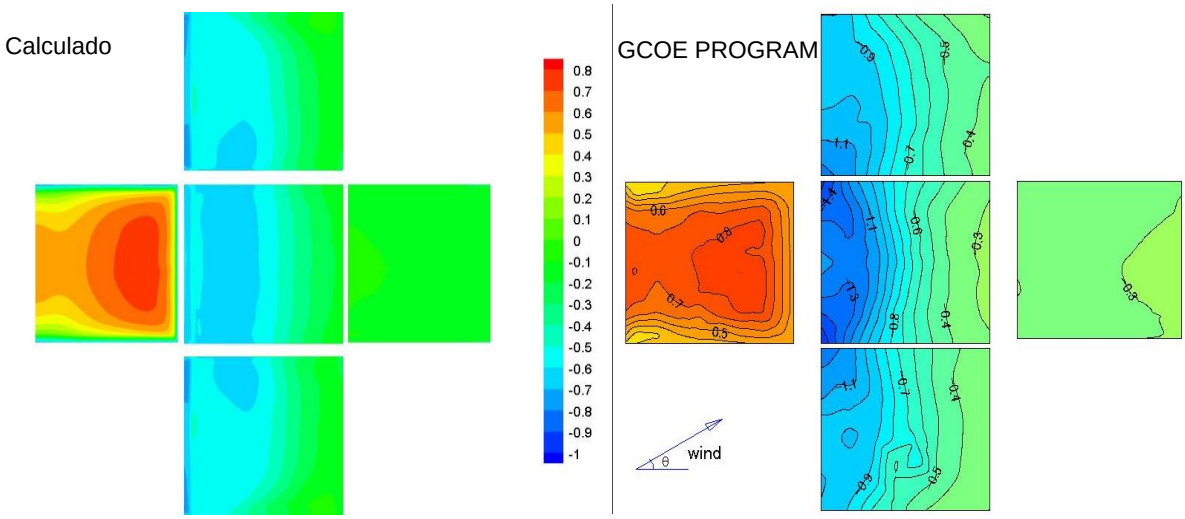
Face	C.C. eixo x	C.C. eixo y	C.C. eixo z
BDFH	Velocidade Nula	Velocidade Nula	Velocidade Nula
ABCD	Velocidade = $V_0 (z / \delta)^{0.25}$	Velocidade Nula	Velocidade Nula
ABEF	Velocidade = $V_0 (z / \delta)^{0.25}$	Velocidade Nula	Velocidade Nula
CDGH	Velocidade = $V_0 (z / \delta)^{0.25}$	Velocidade Nula	Velocidade Nula
EFGH	Pressão Nula		

A qualidade dos resultados obtidos com o Método dos Elementos Finitos está intimamente ligada ao nível de discretização da malha computacional. Malhas mais refinadas produzem melhores resultados, entretanto, também geram maior custo computacional. Portanto, para o presente trabalho são adotadas discretizações com custos próximos ao limite disponível para os autores. Para estes casos, as malhas apresentam, aproximadamente, 1.160.000 nós e 1.114.000 elementos. Vale lembrar que para o caso de teto plano (inclinação de 0º) utilizam-se 40 elementos em cada aresta que compõem o contorno do edifício, e para os demais casos faz-se uso de 30 elementos.

Todos os resultados mostrados a seguir representam valores médios, ou seja, os valores são obtidos fazendo a média aritmética dos valores instantâneos durante um determinado intervalo de tempo de simulação. A Figura 3 apresenta a distribuição dos coeficientes de pressão em todas as faces do contorno para o caso de teto plano, tais coeficientes são calculados tomando como referência a pressão no plano de saída, ver Figura 2 e Tabela 1. À esquerda encontra-se o resultado obtido no presente trabalho, à direita mostra-se a distribuição de pressão obtida experimentalmente no TPU Aerodynamic Database da Universidade Politécnica de Tóquio (GCOE PROGRAM, 2016).

Desta forma é possível comparar-se os resultados calculados no presente trabalho com os resultados obtidos por outro autor, a fim de validar-se o método utilizado.

Figura 5. *Distribuição dos coeficientes de pressão*

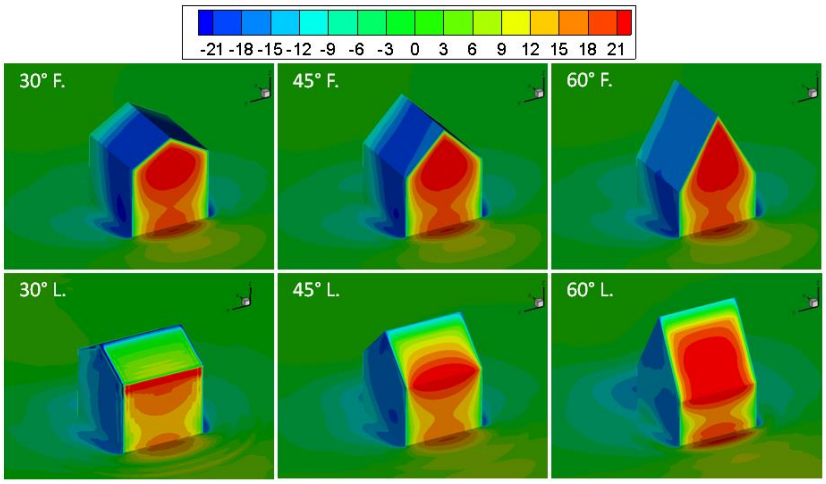


Observa-se que os coeficientes de pressão calculados são muito similares aos obtidos experimentalmente no túnel de vento, havendo somente uma leve diferença na face superior do cubo onde acontecem fortes gradientes de pressão devido à separação do escoamento. Esta discrepância poderia ser reduzida aumentando o refinamento da malha na região dos fortes gradientes de pressão, contudo, o custo computacional deve ser levando em conta.

Posteriormente, na Figura 4, mostram-se as distribuições de pressão média para os casos de edificação com telhado de duas águas.

Pode-se perceber que na região de barlavento acontece a máxima pressão e na região da esteira (sotavento) temos a mínima pressão. Com relação à inclinação do telhado, observa-se que quando se incrementa o ângulo do mesmo, a área de alta pressão aumenta, fazendo com que exista uma maior diferença de pressão entre as regiões a montante e a jusante da edificação. É justamente a diferença de pressão entre as fachadas que gera o escoamento do vento no interior da edificação, logo, a condição ótima é aquela em que se tem a maior diferença possível entre as pressões das fachadas.

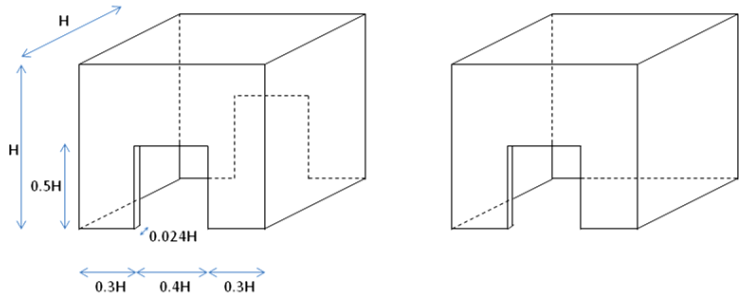
Figura 6. *Distribuição de pressão para o caso da edificação com teto duas águas*



4.2 Modelo com teto de duas águas

Com o intuito de estudar o escoamento externo e interno as edificações, utiliza-se um modelo cúbico no qual varia-se a quantidade de aberturas. No primeiro caso, existe apenas uma abertura, situada na fachada frontal, e no segundo caso analisado existem duas aberturas, uma na fachada frontal e outra na fachada posterior. Os dois casos deste modelo são apresentados na Figura 5, ambos possuem as mesmas dimensões, variando apenas a quantidade de aberturas.

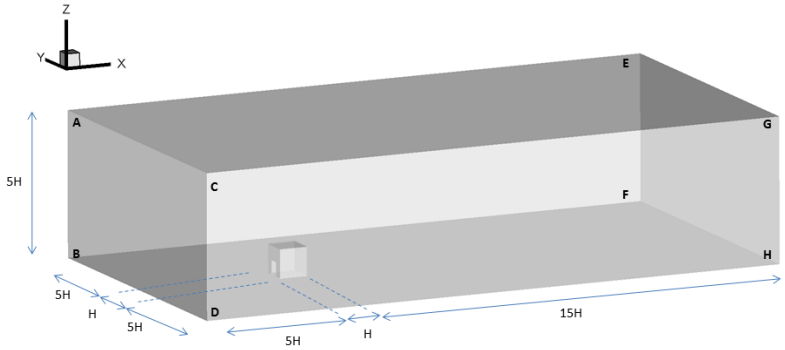
Figura 7. *Modelos dos casos abertos*



Na Figura 6, mostra-se o domínio adotado para os dois casos. As condições de contorno são as mesmas que foram apresentadas na Tabela 1.

A dimensão característica (H) adotada para este modelo, H = 2.5 m, é a mesma que foi empregada por outros autores para casos similares. O perfil de velocidade típico de camada limite atmosférica, com um ângulo de ataque igual a 0º, que incide diretamente sobre a fachada com abertura, caracteriza-se por um número de Reynolds igual a 1.3×10^5, calculado com base na dimensão característica da edificação e na velocidade de entrada V_0 = 11 m/s a 12.5 m (δ) de altura.

Figura 8. *Domínio computacional do modelo aberto*



A discretização do domínio mantém o mesmo padrão do modelo anterior, utilizando-se 30x30x30 elementos nas arestas dos contornos cúbicos. As malhas apresentam aproximadamente 784.000 nós e 756.000 elementos.

Nas Figuras 7 e 8, apresenta a distribuição de pressão média para os dois casos analisados, ou seja, o caso com uma única abertura na posição frontal e o caso com dupla abertura. As figuras mostram as faces de barlavento (à esquerda) e sotavento (à direita).

Figura 9. *Distribuição de pressão para o caso de abertura única*

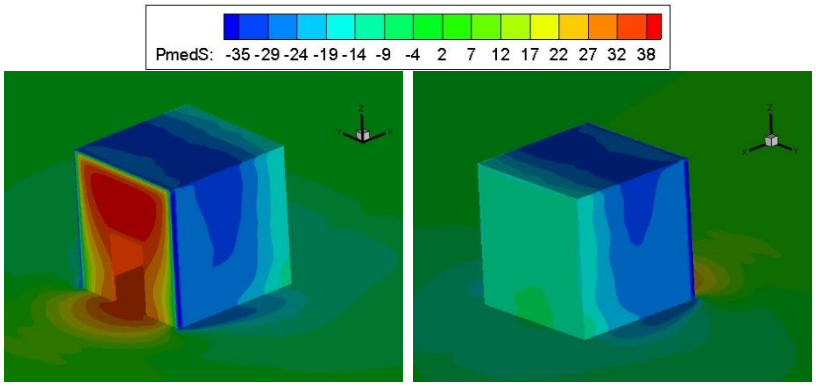
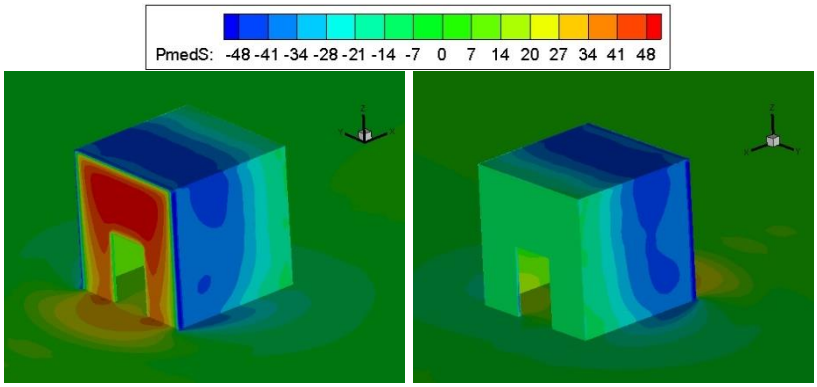
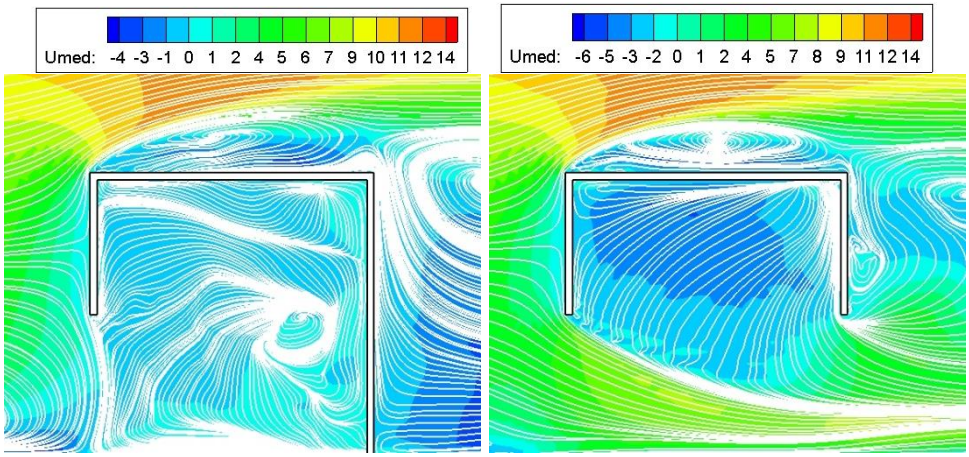


Figura 10. *Distribuição de pressão para o caso de dupla abertura*



Pode-se observar que a principal diferença entre os dois casos se dá pela diferença entre os valores dos picos de pressão, que são consideravelmente maiores para o caso da abertura dupla. Portanto, o caso com dupla abertura possui maior potencial de ventilação interna. Tudo isso pode ser comprovado observando as linhas de corrente e a distribuição da componente de velocidade na direção *x* no plano de simetria *xz*, conforme a Figura 9.

Figura 11. *Linhas de corrente em plano e velocidade em X no interior dos casos vazados*



Percebe-se que a segunda abertura favorece consideravelmente a ventilação interna no cômodo, além de diminuir a recirculação e a formação de vórtices, amenizando desta forma a turbulência no interior e no exterior da edificação.

5. CONCLUSÃO

A utilização de métodos computacionais na análise de problemas da Dinâmica dos Fluidos atualmente é indispensável e mostrou-se muito eficiente nas situações mostradas acima. O programa HEXAFEM_3D_IFF permite uma análise bem detalhada das principais variáveis do problema permitindo assim estudar o comportamento do escoamento ao redor das geometrias modeladas.

Pode-se observar que, dependendo da geometria (ângulo de inclinação do telhado) e do posicionamento (ângulo de incidência do vento) da edificação, a topologia do escoamento sofre variações muito importantes, as quais precisam ser conhecidas para favorecer e melhorar a ventilação natural. Nos exemplos analisados numericamente a máxima diferença de pressão entre as faces frontal e posterior da edificação foi obtido no caso da inclinação do telhado de 60°, por conseguinte, a ventilação natural resultaria mais eficiente para este caso.

Pode-se observar que a disposição conveniente das aberturas nas fachadas orientadas a barlavento (zona de sobrepressão) e nas fachadas a sotavento (zona de sucção), favorecerão a ventilação cruzada, permitindo uma boa circulação de ar entre os ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ARAÚJO, C. V. A.; CUNHA, L. J. B. F. Proposta de método para potencializar o uso da ventilação natural. Canela: Anais XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010.

BONO, G.; BONO, G. F. F. Estudo numérico de supressores de vórtices tipo "splitter plate". San Carlos de Bariloche, Argentina: Mecánica Computacional. V. 33, p. 71-79, 2014.

BOURNET, P. E.; BOULARD, T. Effect of ventilator configuration on the distributed climate of greenhouses: A review of experimental and CFD studies. Computers and Electronics in Agriculture. V. 74, p. 195–217, 2010.

BOWER, J. Understanding ventilation: How to design, select and install residential ventilation systems. The Healthy House Institute, 1995.

BRAUN, L. B.; AWRUCH, A. M. Aerodynamic and aeroelastic analyses on the CAARC standard tall building model using numerical simulation. Computers and Structures. V. 87, p. 564-581, 2009.

GCOE PROGRAM - Tokyo Polytechnic University, Wind Effects on Buildings and Urban Environment. Tokyo: Tokyo Polytechnic University, 2007. Disponível em: < http://www.wind. arch.t-kougei.ac.jp/info_center/windpressure/lowrise/mainpage.html> Acesso em: 02 de abril de 2016.

GHIAUS, C.; ALLARD, F. Natural ventilation in urban areas: potential assessment and optimal façade design handbook. URBVENT, 2004.

LEITE, R. C. V.; FROTA, A. B. Análise da influência da verticalização sobre a ventilação natural através de aplicativo de dinâmica dos fluidos computadoriza – estudo de caso em Fortaleza, Ceará. Anais NUTAU 2010 – 8º Seminário de Internacional Arquitetura, Urbanismo e Design: produtos e mensagens para ambientes sustentáveis. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, 2010.

LÔBO, D. G. F.; BITTENCOURT, L. S. Influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos. Porto Alegre: Ambiente Construído. V.3, n. 2, p. 57-67, 2003.

SOUZA, M. M. Solução das equações de Navier-Stokes para fluidos incompressíveis via Elementos Finitos. 2013. 118 p. Tese (Mestrado em Matemática Aplicada) - Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TRINDADE, S. C.; PEDRINI, A.; DUARTE, R. N. C. Métodos de aplicação da simulação computacional em edifícios naturalmente ventilados no clima quente e úmido. Porto Alegre: Ambiente Construído. V. 10, n. 4, p. 37-58, 2010.

99. ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO ACÚSTICO DO CONTRAPISO CONVENCIONAL E PRODUZIDO COM CASCA DE ARROZ COM DIFERENTES REVESTIMENTOS

COSTA, Bruna Machado[*1](bruna.machcosta@gmail.com); HEISSLER, Rafael Ferreira*[2] *(rheissler@unisinos.br); LABRES, Henrique Santos*[3] *(hlabres@unisinos.br); GONZALEZ, Marco Aurélio Stumpf*[4]*(mgonzalez@unisinos.br)*

[1]Universidade do Vale do Rio do Sinos, Graduação Engenharia Civil (UNISINOS), Brasil
[2]Universidade do Vale do Rio do Sinos, itt Performance (UNISINOS), Brasil
[3]Universidade do Vale do Rio do Sinos, itt Performance (UNISINOS), Brasil
[4]Universidade do Vale do Rio do Sinos, PPGEC (UNISINOS), Brasil

**Bruna Machado Costa*

RESUMO

Dentre as diversas atividades de potencial geração de resíduos, destaca-se a construção civil, que contribui significativamente para o desequilíbrio do meio ambiente. Em busca de uma possível mitigação destes efeitos, há uma necessidade de implementação de novos sistemas e tecnologias construtivas menos prejudiciais, sendo um recurso eficiente e sustentável, a substituição de agregados naturais por resíduos industriais em compósitos cimentícios. No entanto, a ABNT NBR 15575:2013 estabelece requisitos e critérios para avaliação de sistemas construtivos a serem empregados em edificações habitacionais, visando atender as necessidades dos usuários. Dentro dos requisitos de habitabilidade, encontra-se o desempenho acústico que é um dos parâmetros a serem analisados. Este estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa do isolamento a sons de impacto de um contrapiso convencional e contrapiso produzido com substituição de 50% do agregado miúdo por resíduo da agroindústria (casca de arroz), aplicando sobre elas três tipos de revestimentos mais usuais nas edificações atualmente: porcelanato, vinílico e laminado. Os ensaios foram realizados sobre amostras reduzidas de contrapisos com 1,00 m² de área superficial e espessura de 5 cm, em ambiente laboratorial, seguindo as prescrições da ISO 10140-3:2010. Verificou-se, portanto, que a substituição do agregado arenoso por resíduo de casca de arroz não apresentou significativas variações na atenuação da transmissão sonora em relação ao contrapiso de argamassa convencional, apesar destes resultados serem positivos. Entretanto, o uso de resíduos em substituição aos recursos naturais, já contribui de forma importante no controle de desperdícios de materiais e no avanço da sustentabilidade no setor da construção civil.

Palavras-chave: resíduos; casca de arroz; sustentabilidade; desempenho acústico.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ACOUSTIC PERFORMANCE OF THE CONVENTIONAL SUBFLOOR AND PRODUCED WITH RICE HUSK WITH DIFFERENT COATINGS

ABSTRACT

Among the several activities with a potential generation of waste, it stands out civil construction sector, that has a significant contribution to the environmental impact. With a view to improving this situation, there is a need to deploy new systems and construction technologies, which are less harmful, and an efficient and sustainable resource is the substitution of natural aggregates to waste. However, ABNT NBR 15575 establishes requirements and criteria for the evaluation of construction systems to be used in residential buildings. Within the requirements of habitability is found the

acoustic performance, that it is a parameter to be analyzed. The objective of this study is to accomplish a comparative analysis of the impact sound insulation of conventional subfloor and subfloor produced with replacement of 50% of the small aggregate per residue of agribusiness (rice husk), applying on them three types of coatings which is more usual in buildings: porcelain tile, vinyl floor and Laminate Wood Flooring. The tests of acoustic insulation were realized on subfloor of 1.00 m² with a thickness of 5 cm, measured in laboratory, following the prescriptions of ISO 10140-3:2010. The results showed an attenuation of normalized impact sound pressure level (Ln), in composites of mortar subfloor with rice husk, especially in the bands of frequencies above 400 Hz, while the conventional mortar subfloor composites reference presented a reduction from 630 Hz, in relation to the slab without subfloor. The weighted normalized impact sound pressure level (Ln,w) presented that the composite with partial replacement of sand per rice husks, shows lower values in others, especially with the installation of laminate wood flooring, with a weighted reduction in impact sound pressure level (ΔLw) of 21 dB in relation to its mortar subfloor with rice husk, while the floor vinyl reduced 11 dB and the porcelain tile only 5 dB.
Keywords: waste; rice husk; sustainability; acoustic performance.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao aumento das construções no Brasil, principalmente nas zonas urbanas, a necessidade de verticalização das construções tornou-se inevitável. (NEUBAUER, 2009). Neste sentido, constatou-se a importância da obtenção de edificações que possuíssem um desempenho adequado em caráter multidisciplinar. O Desempenho na construção civil está relacionado ao comportamento em utilização de todo o sistema que constitui a edificação, avaliado em termos de eficiência durante toda a vida útil. (BLACHERE, 1969 apud BORGES, 2008).

No que diz respeito ao desempenho acústico das edificações, de forma genérica, pode-se dizer que a concepção de um projeto eficaz, comtempla a minimização dos ruídos aéreos e de impacto, sendo o último conseguido através da aplicação de pisos flexíveis e flutuantes aplicados sobre material resiliente. (MATEUS, 2013).

Patrício (2010) afirma que os sons de impacto são mais problemáticos, visto que, a rigidez da estrutura da edificação permite a transmissão das vibrações com grande facilidade e com alcance mais amplo, e portanto, alvo constante de reclamação entre os usuários de uma edificação.

Mas Kuhn (2006) aponta outro problema que está relacionado a construção civil. O setor é um dos maiores causadores das mudanças no meio ambiente. A autora afirma que os métodos construtivos utilizados e as atividades elaboradas para edificações têm efeito significativo na geração de resíduos.

Através destes conceitos, Borges (2015) investigou o potencial acústico de contrapisos produzidos com três composições (25%, 50% e 75%) de casca de arroz, resíduo de EVA e de madeira. Segundo Zucco e Beralto (2008), a casca de arroz, por ser um resíduo agroindustrial de grande quantidade e renovável, pode ser aplicada na obtenção de novos materiais da construção civil, tendo em vista que a utilização desses resíduos favorecerá a redução dos problemas ambientais ocasionados pela sua eliminação indevida

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa é avaliar, em ambiente laboratorial, o desempenho acústico de um contrapiso convencional e com substituição parcial do agregado miúdo por com casca de arroz, com diferentes tipos de revestimentos de pisos acabados, submetidos a um impacto padrão para

obtenção do nível de pressão sonora de impacto normalizado para as bandas de frequências analisadas, o nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado e, por fim, a redução ponderada do nível de pressão sonora de impacto dentre as amostras avaliadas. Com isso, determina-se a influência das características acústicas deste material e sua possibilidade de utilização como material destinado a este fim.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Com base no método utilizado por Borges (2015), a substituição do agregado miúdo por casca de arroz é no teor de 50%, com contrapisos de 5cm de espessura, seguindo o traço de referência 1:4, utilizado por Flach (2012). O critério de escolha do resíduo, bem como outros parâmetros metodológicos, foi embasado em pesquisas anteriores realizadas no PPGEC/UNISINOS, por Flach (2012) e Borges (2015), que analisaram o comportamento acústico de compósitos com diferentes resíduos, entre eles o de casca de arroz, incluindo ainda neste experimento três tipos de revestimentos, e em cima disto, analisou a viabilidade destas pesquisas quando comparado em contrapisos quando moldados em placas de 1m².
De acordo com a ISO 10140-3 (ABNT,2010), a superfície da amostra a ser ensaiada deve ter no mínimo uma área de 10 m². Contudo, seguindo o método de ensaio de Borges (2015) que adaptou o ensaio com o uso de placas em dimensões de 50cm x 50cm, serão utilizadas quatro placas, formando uma área de 1 m², afim de facilitar o transporte, minimizar o procedimento de montagem e evitar o desperdício de materiais. A autora ainda cita que, devido as dimensões reduzidas das placas é permitido exclusivamente análises comparativas, não havendo a obtenção de um valor pleno de nível de ruído de impacto normalizado ponderado.

3.1 Materiais Utilizados

Para a produção das argamassas de contrapisos desta pesquisa, o aglomerante utilizado foi o cimento Portland pozolânico CP IV de classe 32, da marca Votoran. Areia média de origem quartzosa, foi fornecida pelo LMC (Laboratório de Materiais de Construção) da UNISINOS. O agregado miúdo não sofreu procedimentos de lavagem, sendo realizado apenas o peneiramento prévio para a retirada de partículas indesejadas. O material foi reservado em uma estufa a 105ºC durante um período de 24h, a fim de remover a umidade presente. Após o intervalo para atingir a temperatura ambiente, este foi armazenado num recipiente plástico fechado até a data da moldagem dos contrapisos.
A casca de arroz foi fornecida pela empresa Arroz Olivo, localizado na Rodovia SC 448, Km 36, na cidade de Turvo/SC. A casca de arroz necessitou passar por uma breve seleção, tendo como finalidade a retirada das impurezas mais grosseiras existentes no material. Através do peneiramento, utilizando a peneira 4,8mm de diâmetro de abertura.

3.2 Moldagem das placas

Foram moldadas 8 placas de contrapiso com a dosagem convencional (CCR), sem substituição do agregado miúdo, e 8 placas de contrapiso com substituição de 50% do agregado miúdo por casca de arroz (CCA). As placas de contrapiso, tiveram uma cura de 28 dias, permanecendo nos moldes durante as primeiras 72h; após esse período, foram desmoldados e reservados em uma sala climatizada para a cura.

3.3 Revestimentos de piso

Os revestimentos utilizados neste programa experimental foram selecionados entre: flutuantes, flexíveis e cerâmicos (laminado, vinílico e porcelanato, respectivamente). A escolha deveu-se a estes estarem dentre os materiais mais empregados nas edificações na região. As instalações dos revestimentos vinílico (Figura 1a), laminado (Figura 1b) e porcelanato (Figura 1c) seguiram as informações dos fabricantes.

Figura 12. Revestimentos utilizados



1(a) *1(b)* *1(c)*

3.4 Medição do isolamento ao ruído de impacto

Foram ensaiadas quatro placas por vez, formando área de superfície de 1,00m². Os ensaios de ruído de impacto dos contrapisos, foram realizados em laboratório nas câmaras reverberantes do *itt* Performance. Como a norma ABNT NBR 15575-3:2013 não faz referência da normativa técnica a ser utilizada para realização dos ensaios de isolamento de impacto padrão em laboratório, seguiu-se as prescrições da norma ISO 10140-3:2010 para procedimentos de ensaio e a ISO 717-2:2013 para a determinação do nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado. O tempo de reverberação da câmara receptora foi determinado pelo método de precisão de acordo com a norma ISO 3382-2:2008.

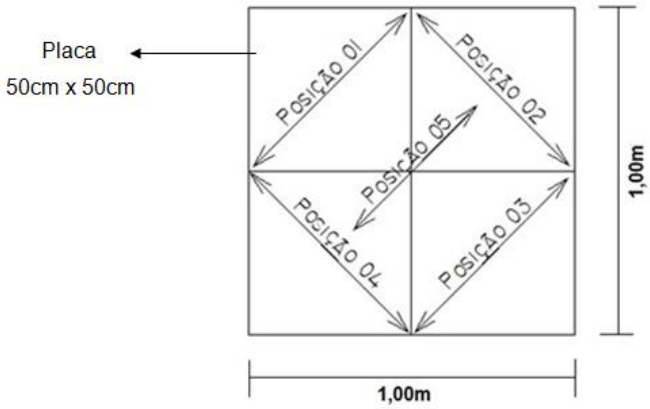
A câmara emissora, que se refere ao ambiente superior, possui um volume de 48,75m³ e câmara receptora um volume de 48,62m³.

A câmara possuí uma laje de entrepiso maciça de concreto armado com 12cm de espessura, sendo neste trabalho retratada como “laje zero”, sendo suas paredes constituídas de alvenaria de bloco maciço dupla totalizando uma espessura de 40cm, revestidas com reboco e pintados com tinta acrílica branca.

O ensaio de ruído de impacto é realizado através de uma máquina geradora de impacto padronizado, denominada *Tapping Machine*, modelo 3207, da marca Brüel & Kjær. Este equipamento tem a função de excitar o piso, simulando impactos padronizado e normatizado. Além desta, foram utilizados os seguintes equipamentos: microfone, modelo B&K 4189, analisador, modelo B&K 2270, fonte emissora dodecaédrica omnidirecional modelo B&K 4292, amplificador de potência modelo B&K 2734, termohigrômetro Instrutemp modelo ITMP 600, cabos e trena metálica calibrada.

A fonte emissora de impacto padrão foi posicionada sobre as placas de contrapiso na sala emissora em cinco posições diferentes, conforme o esquema da Figura 2, enquanto na sala receptora o analisador e o microfone receptor variaram de posição duas vezes durante cada posição de fonte, totalizando 10 medidas para cada amostra ensaiada. A temperatura e a umidade relativa da câmara emissora e receptora foram capturadas no início de cada ensaio, sendo que a temperatura variou entre 18ºC e 27ºC e a umidade relativa entre 51% e 78%.

Figura 13. Esquema das posições da Tapping Machine sobre o contrapiso



Os ensaios foram realizados conforme as combinações expostas na Tabela 6.

Tabela 6. Combinações de ensaios dos contrapisos com revestimentos

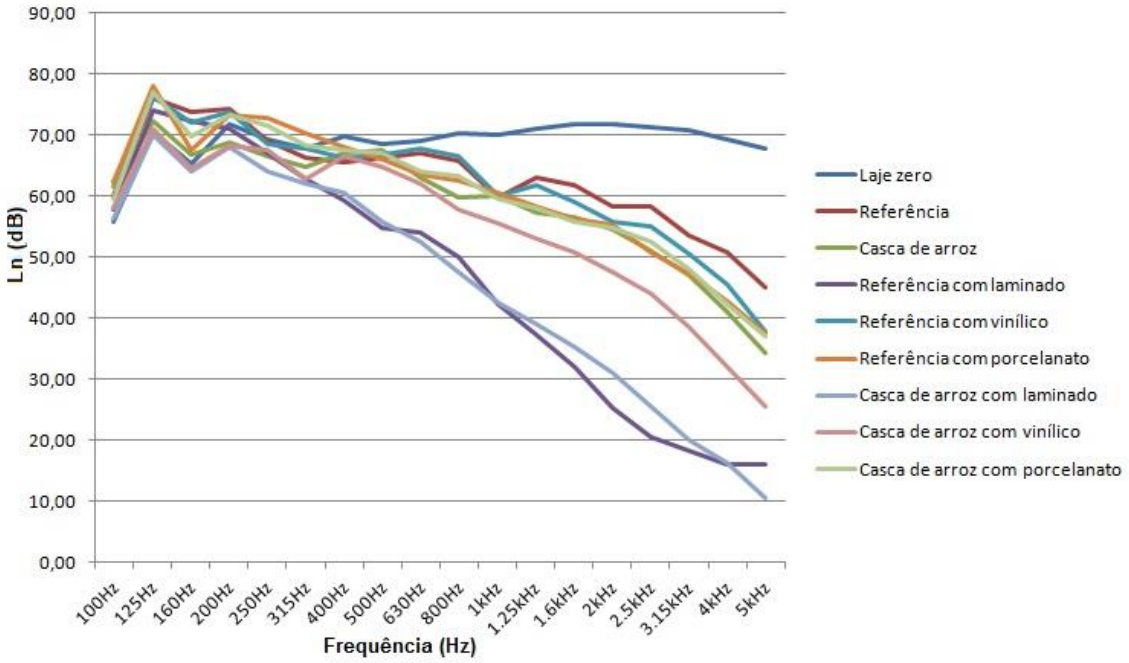
Ensaios	Contrapiso	Revestimento	Detalhe
1	CCR	-	
2	CCA	-	
3	CCR	Laminado	
4	CCA		
5	CCR	Vinílico	
6	CCA		
7	CCR	Cerâmico	
8	CCA		
9	Laje zero	-	

Sendo:
CCR - Contrapiso de argamassa convencional referência
CCA - Contrapiso de argamassa com resíduo de casca de arroz

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios realizados resultaram nos níveis de pressão sonora de impacto normalizado (L_n) e ponderado ($L_{n,w}$). Com base nesses dados, pode-se calcular também, a redução ponderada do nível de pressão sonora de impacto (ΔL_w).
Estão apresentados no Gráfico 1, os resultados dos níveis de pressão sonora de impacto normalizado dos compósitos de argamassa sem revestimentos e com os três tipos de revestimentos, para bandas de terço de oitava de 100Hz a 5000Hz.

Gráfico 1. Nível de pressão sonora de impacto normalizado das placas ensaiadas com e sem revestimentos



O contrapiso de referência (CCR), sem revestimento, apresenta L_n de 60dB na banda de frequência de 100 Hz, enquanto o contrapiso de casca de arroz (CCA), atinge 62 dB. Ambas as amostras possuem maior transmissão sonora na banda de frequência de 125 Hz, assim como todas as demais ensaiadas, obtendo seus valores máximos de L_n. Nesta banda de frequência, o compósito com casca de arroz atinge 72 dB, enquanto o contrapiso de referência chega a 76 dB, evidenciando uma maior atenuação das transmissões na amostra com casca de arroz. A partir das bandas de frequência de 160 Hz, o nível de pressão sonora de impacto normalizado é reduzido, e quando se compara os contrapisos ensaiados, o CCA apresenta menor transmissão sonora a partir desta frequência central, exceto na banda de frequência de 1.000 Hz em que o L_n é de 60 dB para ambas as amostras. Verifica-se também, que o L_n da laje zero se mostra praticamente constante, enquanto o contrapiso produzido com casca de arroz com substituição parcial do agregado miúdo expressa uma queda esperada dos níveis de transmissão, mais significativas nas bandas de altas frequências.
Com relação aos ensaios com revestimento de piso laminado, há alternâncias de desempenho ao decorrer do ensaio. As mais significativas foram nas bandas de frequência de 1000 Hz até 4000 Hz,

nos quais a amostra de referência se sobressai em relação à de casca de arroz. Porém, em bandas de baixas frequências, o CCA revestido com piso laminado se mostrou mais eficiente quando comparado ao com CCR.

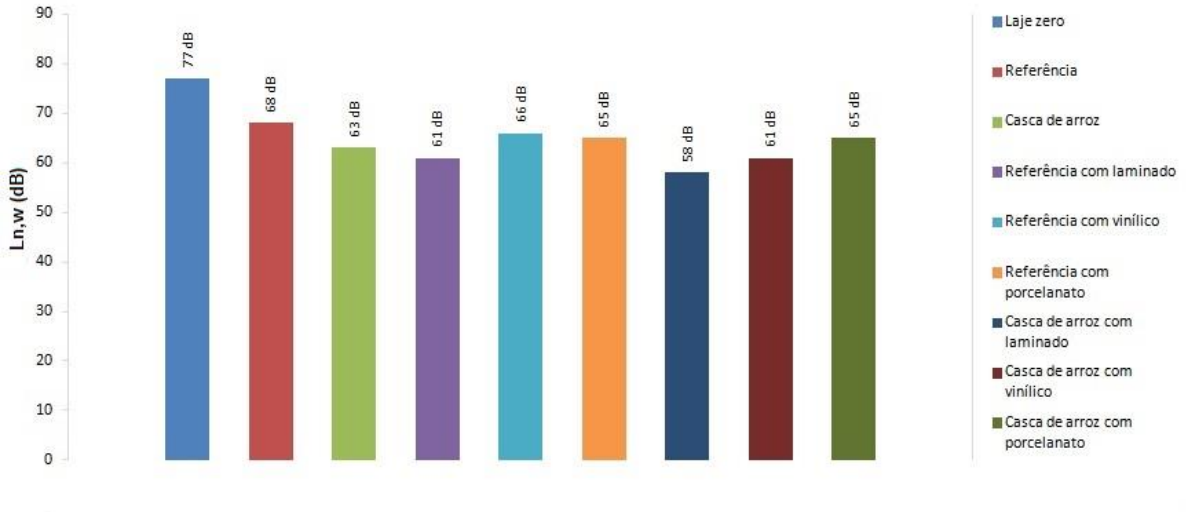
O contrapiso revestido com piso vinílico alcançou o resultado mais significativo na comparação entre a utilização de um CCR e CCA, visto que, em todas as bandas de frequência analisadas, os níveis de pressão sonora de impacto normalizado foram menores para o contrapiso de argamassa com resíduo de casca de arroz, com exceção para a banda de frequência de 400 Hz em que ambos apresentaram um L_n de 67 dB.

O comportamento dos compósitos revestidos com porcelanato é muito similar em todas as bandas de frequência analisadas, sem apresentar alterações significativas. Pode-se dizer que, apenas em bandas de baixas frequências o resultado é mais representativo, com menores L_n para as amostras de CCA. Dentre os ensaios analisados com contrapisos revestidos com diferentes pisos de acabamento, os com a utilização de porcelanato apresentaram maior transmissão sonora.

Quanto aos níveis de pressão sonora de impacto normalizado ponderado, este dado possibilita quantificar a atenuação sonora de um elemento a partir de um valor único, segundo a ISO 717-2:2013. Quanto menor for seu índice em dB, melhor seu comportamento, conforme apresentado no Gráfico 2.

Observou-se que todos os compósitos de argamassa apresentaram valores menores ao da laje zero (laje de separação das câmaras). Percebe-se que os compósitos no qual houve substituição de 50% do agregado miúdo por casca de arroz, obtiveram valores ponderados reduzidos ou equivalentes, se comparados com o contrapiso de referência, ressaltando o aumento no desempenho do sistema. O $L_{n,w}$ do compósito de referência revestido com porcelanato aumentou quando comparado com o mesmo contrapiso sem revestimento, comprovando a baixa eficiência deste tipo de revestimento sem a utilização de soluções conjuntas. Apesar disso, quando o mesmo revestimento foi aplicado no compósito com casca de arroz houve um aumento no valor de $L_{n,w}$ de 2 dB. Esta inconsistência também pode ser explicada pelo ar incorporado no compósito ou até mesmo no assentamento do revestimento. De maneira geral, os revestimentos aplicados sobre os contrapisos contribuíram para a redução de $L_{n,w}$, principalmente nos laminados.

Gráfico 2. Níveis de pressão sonora de impactos normalizado ponderado (Ln,w)



Na Tabela 2 é possível verificar em um valor único, a redução ponderada do nível de pressão sonora de impacto (ΔL_w) alcançado a partir da instalação dos contrapisos e respectivos revestimentos. Quanto maior for este valor em relação ao referência, significa dizer que há uma maior atenuação na transmissão sonora de forma geral, atentando para a análise do espectro sonoro que pode apresentar valores mais significantes em determinadas regiões.

Tabela 7. Redução da transmissão sonora normalizada do ruído de impacto (ΔLw)

Amostra	ΔLw(dB)	Referência
Laje zero	-	-
Contrapiso convencional referência	9	Laje Zero
Contrapiso com casca de arroz	14	Laje Zero
Contrapiso convencional referência	5	CCA
Contrapiso com casca de arroz	5	CCR
CCR com piso laminado	19	CCR
CCR com piso vinílico	3	CCR
CCR com piso porcelanato	5	CCR
CCA com piso laminado	21	CCA
CCA com piso vinílico	11	CCA
CCA com piso porcelanato	5	CCA

Os cálculos da redução ponderada do nível de pressão sonora de impacto (ΔL_w) das amostras de CCR e CCA sem revestimento, foram efetuados em relação à laje zero da câmara e entre eles mesmos, assim como, os revestimentos foram calculados em relação aos seus respectivos contrapisos.

Analisando apenas os dois tipos de contrapisos utilizados, observa-se que a adição do resíduo agroindustrial possibilitou uma redução maior de transmissão do ruído de impacto quando comparado ao contrapiso convencional de forma similar aos resultados de Borges (2015) e de Flach (2012). O contrapiso convencional de referência e o contrapiso com casca de arroz, apresentam um ΔL_w de 5 dB entre eles.

Os valores mais altos de ΔL_w alcançados foram com os contrapisos revestidos com laminado de 19 dB e 21 dB para CCR e CCA, respectivamente. Em uma observação geral, os contrapisos convencionais de referência com revestimentos possuíram desempenho inferior em relação aos contrapisos com casca de arroz também revestidos. Apenas quando revestidos com porcelanato, ambos apresentaram ΔL_w similares.

5. CONCLUSÃO

Neste contexto, buscando investigar propriedades acústicas de argamassas designadas a contrapisos, foram realizados ensaios para a obtenção do nível de pressão sonora de impacto normalizado (L_n) e nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado ($L_{n,w}$), além do cálculo da redução ponderada do nível de pressão sonora de impacto. (ΔL_w).

Observa-se que todas as amostras de contrapiso com casca de arroz, obtiveram melhores resultados no que diz respeito ao desempenho acústico.

Os revestimentos aplicados sobre os contrapisos foram selecionados baseando-se na utilização mais comumente encontrada em edificações atuais, como os pisos flutuantes (laminado), pisos flexíveis (vinílico) e pisos cerâmicos (porcelanato).

De forma geral, todos os revestimentos aplicados sobre as placas de contrapiso de CCR ou CCA, quando submetidos aos impactos padrão, mostraram melhores resultados quando comparados aos seus contrapisos, com excessão do porcelanato no contrapiso de argamassa com resíduo de casca de arroz que apresentou um $L_{n,w}$ de 2 dB superior a amostra sem revestimento. Sendo assim, ressalta-se a capacidade acústica do compósito com casca de arroz revestida com laminado, que apresentou nível de pressão sonora de impactos normalizados ponderado ($L_{n,w}$) de 58 dB, superando os demais, e obtendo a maior redução ponderada do nível de pressão sonora de impacto (ΔL_w), de 21 dB, em relação ao contrapiso com casca de arroz sem revestimento.
Mesmo apresentando uma diferença de 2 dB, o que pode ser considerado pouco, deve-se lembrar que em se tratando de grandeza acústica, a escala segue uma função logarítmica em que a cada variação de 3 dB, a intensidade sonora é dobrada.
Esta pesquisa demonstrou que o resíduo agroindustrial (casca de arroz) interfere positivamente no comportamento acústico das argamassas de contrapiso, possivelmente, por fatores intrínsecos à composição no traço do contrapiso, além de seu apelo ambiental. Evidencia-se, portanto, que o revestimento laminado obteve a menor transmissão de ruído de impacto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14833-1: Revestimento de pisos laminados melamínicos de alta resistência Parte 1: Requisitos, características, classificações e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2014.

____ NBR 15575-3: edificações habitacionais - desempenho: parte 3: requisitos para o sistema de pisos, Rio de Janeiro, 2013.

____ NBR 7374: Placa vinílica semiflexível para revestimento de pisos e paredes - Requisitos e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2006.

____ NBR 9817: Execução de piso com revestimento cerâmico, Rio de Janeiro, 1987.

BALDASSO, P. C. P. A Norma de desempenho de edificações e seu Impacto da cadeia produtiva da construção civil brasileira. In: Conferência Internacional da Lares, 9., 2009. São Paulo. Anais eletrônicos.

BORGES, C. A. M. O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. 2008. 263 f.Dissertação (mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2008.

FLACH, F. Investigação do potencial de absorção acústica de compósitos de argamassa com materiais reciclados. 2012. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2012.

INTERNATIONAL STANDART. ISO 10140-3:2010 Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 3: Measurement of impact sound insulation. 2010

INTERNATIONAL STANDART. ISO 717-2: Acoustics: rating of sound insulation incbuildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation. Genève, Switzerland, 2004.

KUHN, E. A. Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada**.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de engenharia, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MATEUS, D. Condicionamento acústico: compartimentação interior, fachadas, coberturas e instalações técnicas. Inova Domus: Cooperar para Reabilitar, 2013. Disponível em: <http://www.inovadomus.pt/cooperar/wp-content/uploads/2013/07/05guia.pdf> Acesso em: 11 de dezembro de 2016.

NEUBAUER, P. M. Estudo comparativo entre diversas composições com pisos flutuantes de madeira natural-assoalho e tacos - quanto ao isolamento ao ruído de impacto. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2009.

PATRÍCIO, J. Acústica nos Edíficios. 6ª Edição. ed. Lisboa: Verlag Dashöver, 2010.

SILVA, A. T. et al. Novas exigências decorrentes de programas de certificação ambiental de prédios e de normas de desempenho na construção. Arquitetura revista, São Leopoldo, V.10, n.2, p. 105-114. Jun/Dez 2014.

ZUCCO, L. L.; BERALDO, A. L. Efeito da adição de cinza de casca de arroz em misturas cimento-casca de arroz. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.28, n.2, p.217-226, abr./jun. 2008.

152. PERCEPÇÃO DE VALOR SOBRE A TAIPA DE PILÃO

GUERRA, Laura Carolina R.[*1](arqlcguerra@gmail.com); YUBA, Andrea Naguissa*[*1] (naguissa@gmail.com) LOPES, Jose Carlos de Jesus Lopes (jose.lopes@ufms.br)*

[1, 2, 3] Universidade Federal de Mato Grosso Do Sul (UFMS), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Os potenciais consumidores de edificações têm poder para contribuir com a sustentabilidade e na co-criação de valor dos bens residenciais, baseando-se em suas percepções relacionadas aos materiais e técnicas construtivas adotadas para suas construções. Desse modo, é importante conhecer o seu perfil, os requisitos e as suas expectativas para escolha dos materiais a serem utilizados. Dada a carência de estudos sobre a percepção das pessoas em relação às construções com terra crua, cria-se e justifica-se a necessidade de desenvolver procedimentos sistemáticos em torno do assunto. Assim, este artigo objetiva identificar a percepção das pessoas sobre as construções de terra, especificamente, sobre a técnica construtiva de taipa de pilão. Os respondentes do questionário realizaram visita a uma obra construída, seguida de explicação sobre a técnica, solução de dúvidas e preenchimento de questionário. Os resultados foram organizados de maneira a possibilitar análise das respostas vinculada ao perfil do participante (idade, sexo, renda e escolaridade). Face ao delineamento da pesquisa proposto, foi possível concluir que o acabamento deve ser melhorado, os homens foram mais críticos e a renda, escolaridade e idade não interferem nesse requisito do cliente. Foram coletadas respostas sobre as percepções positivas e negativas, os desejos e as crenças, que foram organizados, de forma a subsidiar novos trabalhos de pesquisa e melhoria do produto.
Palavras-chave: arquitetura de terra; taipa de pilão; percepção; co-criação de valor.

VALUE PERCEPTION ABOUT RAMMED EARTH

ABSTRACT
Potential building's consumers have the power to contribute to sustainability and co-creation of value of residential property, based on their perceptions related to the materials and construction techniques used on their own buildings. So, it is useful to understand their profile, requirements and expectations when choosing materials. Because of the lack of researches about perception related to earthen buildings, it would be useful to develop systematic procedures to collect the user's requirements. This paper aims to identify people's perception about earthen buildings, and specifically rammed earth. The respondents to the questionnaire paid a visit a building, followed by an explanation about the construction technique, asked questions and then filled a quiz. The results were organized to allow an analysis linked to the profiles (age, sex, income and schooling). Considering the outline of the proposed research, it was possible to conclude that, the finishing should be improved, men were more critical and income, schooling and age did not interfere with this requirement of the client. They show good an also negative perceptions of the participants, their desires and miths, that were organized, to support new researches and to improve the technique.
Keywords: earthen architecture; rammed earth; perception; value co-creation.

1. INTRODUÇÃO

A adoção de soluções para alcançar a sustentabilidade é atual e urgente, e uma das formas para alcançá-la é a escolha dos materiais de construção mais sustentáveis, localmente extraídos e processados, baixo conteúdo energético, não tóxicos, potencialmente recicláveis e culturalmente aceitos (BRASIL, 2016). Documentos do Ministério do Meio Ambiente (idem) mencionam também o potencial para autoconstrução, construção em regime de mutirão e a presença de conteúdo reciclado como ações potenciais. Essa ideia criativa e mais sustentável de construção possibilita aos profissionais da construção civil a importante missão de orientar e escolher o material de construção ideal para cada tipo de projeto, uma vez que, como se sabe, a produção, utilização, manutenção e descarte dos materiais usados na construção civil provocam vários impactos à sociedade e ao meio ambiente.

De acordo com Spadotto et al (2011), toda grande mudança promovida pelo setor da construção civil produz impactos nos ambientes social, ambiental e econômico e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras também pode auxiliar na redução dos impactos negativos. É inegável essa relevância na definição do cenário produtivo, o que foi percebido, com bastante clareza, na última década no Brasil. Nesse mesmo período, ficou evidenciada também a escassez de inovações, principalmente, os adequados aos princípios de sustentabilidade.

1.1 O processo de escolha dos usuários

Para promover a inserção de novas tecnologias, é importante a participação de toda a cadeia produtiva nesse processo (MCKINSEY apud CAMPOS, 2012), além dos próprios usuários. Para entender o que o usuário espera dos produtos ofertados pelo mercado (as edificações), foi necessário uma abordagem sob os conceitos de satisfação e requisitos do cliente, marketing e administração de empresas. A satisfação, segundo Kotler (2000), resulta em uma sensação de prazer ou desapontamento causada pela comparação do desempenho percebido de um produto em relação às expectativas. Para que um produto o satisfaça, deve-se considerar suas opiniões e sugestões, descobrindo os requisitos do cliente, analisando e utilizando-os durante o processo de produção (PDP) e para isso torna-se necessária a coleta de informações (MIRON, 2002).

Entretanto, de acordo com Karsaklian (2011), os consumidores têm personalidades diferentes e por isso têm atração por produtos diferentes, fazendo com que a preferência não seja igual para todos, pois cada um prefere aquilo com o que se identifica mais, ou aquele produto que parece representar mais precisamente o que se quer aparentar. Assim sendo, cada pessoa satisfar-se-á de formas diferentes, considerando a existência de diferentes opções de compra e comportamentos de consumo e isso se altera de acordo com a classe socioeconômica do cliente.

Como bem ensina Kotler (2000), existem ainda outras questões que podem influenciar na escolha ou preferência do cliente: fatores pessoais (relacionado com a idade e estágio no ciclo de vida, ocupação, e circunstâncias econômicas, personalidade e autoimagem, estilo de vida e valores); fatores sociais (grupos de referência (amigos, vizinhos, colegas de trabalho, grupos religiosos); família (papéis sociais e status); e ainda, os fatores culturais (valores absorvidos durante seu crescimento, nacionalidade, religião, raça e geografia).

Outra questão é a percepção de valor do cliente, que é o processo pelo qual as pessoas selecionam, organizam e interpretam as sensações, após serem estimulados pelos cinco sentidos (SOLOMON, 2000). Chauí (1999) complementa que a personalidade, a história pessoal, afetividade, desejos e paixões irão interferir nessa percepção complexa de cada indivíduo.

Bacha, Strehlau e Romano (2006) dizem que, de todos os estímulos diários que o ser humano sofre, a memória armazena somente uma parcela e nesse processo, as informações passam pela fase de exposição, atenção, compreensão, aceitação e retenção, requerendo então tempo para que esse processo possa acontecer. Tudo isso está associado ao resultado final da análise do usuário e ao valor que ele dará ao produto, pois, segundo Woodruff (1997), o valor é percebido quando há satisfação, que decorre do julgamento das características de um produto, comparadas às suas preferências.
Para captar esses valores, Prahalad e Ramaswamy (2000) falam da co-criação de valor, estratégia utilizada por empresas para entender as expectativas dos clientes, onde esses participam de diálogos com as empresas para repassar seu conhecimento pessoal ou coletivo.

1.2 A construção com terra

As técnicas de construção com terra crua, artesanais ou industrializadas vêm se popularizando no mercado brasileiro dado seu apelo ambiental, entre outras razões, mas ainda têm desafios a serem vencidos em relação à sua aceitação. Essas técnicas têm suas características peculiares de cor e rusticidade, e vem sendo alvo de aprimoramentos técnicos e ações de normatização que melhoram seu desempenho. Porém, no Brasil, uma campanha do Ministério da Saúde e as campanhas sanitaristas do início do século XX, que desaconselharam o uso de construções de terra, devido à possibilidade de abrigar o barbeiro, transmissor da Doença de Chagas, criaram um estigma de habitação rústica, insalubre e pobre. A esse respeito, Ramos e Cunha Jr. (2006) dizem que os erros desta avaliação foram grandes ao confundir a técnica construtiva com o modo como é construído.
Neves (2006, p.10) realizou uma pesquisa referente ao uso do solo-cimento e após observar a qualidade de 102 edificações amostrais, concluiu que o solo-cimento oferece propriedades apropriadas para seu emprego em edificações e pondera “como uma tecnologia comprovadamente apropriada para empreendimentos de pequeno e médio porte não consegue atingir o mercado formal da construção, mesmo com uma demanda crescente?”

2 OBJETIVO E MÉTODO

Entre os escassos trabalhos relacionados ao tema, a pesquisa de Benevente e Tramontano, que em 2000, realizou uma avaliação pós-ocupação de uma unidade experimental de habitação, de "verificação de impressão ou de aceitação”, buscou introduzir o parecer do usuário potencial no processo projetual. A pesquisa focalizou a identificação do grau de aceitação dos materiais empregados na construção de duas unidades habitacionais, por se tratar de usos não convencionais de materiais tradicionais históricos e concluíram que os entrevistados tiveram dificuldade para compreender a proposta tecnológica, considerando que muitos materiais não eram aparentes (dentre eles, a taipa de mão) e somente 2% identificaram o uso da terra crua.
Neste trabalho, o objetivo é identificar a percepção das pessoas sobre a taipa de pilão e quais são seus requisitos, para que haja satisfação com esse tipo de construção. O público foi chamado a colaborar via rede social, entrevista a rádio, jornal e TV. A participação não foi espontânea, estando os participantes cientes de que estavam sendo chamados para contribuir na melhoria de um produto inovador, não utilizado amplamente pelo mercado. Participaram da pesquisa noventa e seis pessoas, adultas, que visitaram o protótipo, no campus da UFMS, e receberam informações gerais (características físicas e processo de construção - fundação, paredes, cobertura, dificuldades executivas, composição da mistura da terra, falhas nas paredes e motivos, fissuras e reparos, instalações externas, sistema construtivo misto, outros exemplares construídos – Fig. 1), solucionaram dúvidas, para então responderem um questionário semiestruturado, baseado em

variadas publicações sobre os modelos de pesquisa de satisfação do consumidor (CARDOSO, 2003), COSTA e NETO (2010), MIRON (2002) e HAYES (2001).

Figura 1. Paredes do protótipo e interfaces com telhado, fundação e alvenaria.

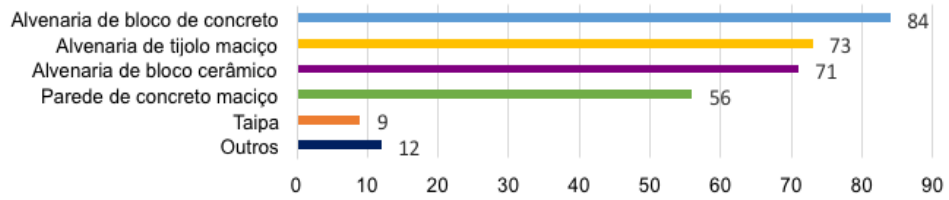


As questões trataram das percepções sobre o protótipo (acabamento, cor, iluminação), aceitação (uso para si e indicação a terceiros), fatores influenciadores da escolha da taipa (pessoais, sociais e culturais), grau de familiaridade, gosto, crenças e expectativas (oportunidades e entraves). Os questionários aplicados em dez/2016, foram tabulados e analisados quantitativamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estratégias de divulgação da pesquisa resultaram na participação de perfis diversos. Moradores de todas as regiões de Campo Grande, capital de Mato Grosso do Sul (MS), estiveram presentes, além de pessoas que moram outras cidades do mesmo Estado. A distribuição homem/mulher entre os participantes foi de 59/41%, sendo o público abaixo de 40 anos o mais representativo (71%). Quanto à renda, houve quantidade equilibrada de participantes das 4 faixas de renda pesquisadas (1-2, 2-3, 3-4 e 4 ou mais) e a maioria de pessoas (86%) com grau de escolaridade superior incompleto ou mais graduado. Com base em BRASIL (2010), foram listadas 44 profissões diferentes sendo apenas 13% dos participantes relacionados à construção civil (arquiteto, pedreiro, construtor, eng. eletricista, técnico em eletrotécnica).
Como esperado, poucos conhecem taipa (9%), sendo 1 estrangeiro (Nigéria), 4 profissionais da construção civil e outras 4, com experiências familiares anteriores). Os que afirmaram conhecer pessoas que moram ou moraram em casas de taipa (10%), não demonstraram segurança sobre o tipo de taipa (de mão ou de pilão), sendo todas localizadas fora do MS. Mesmo, a maioria dos participantes não sendo da área de construção civil (87%), todos afirmaram conhecer pelo menos uma técnica construtiva (Fig. 2).

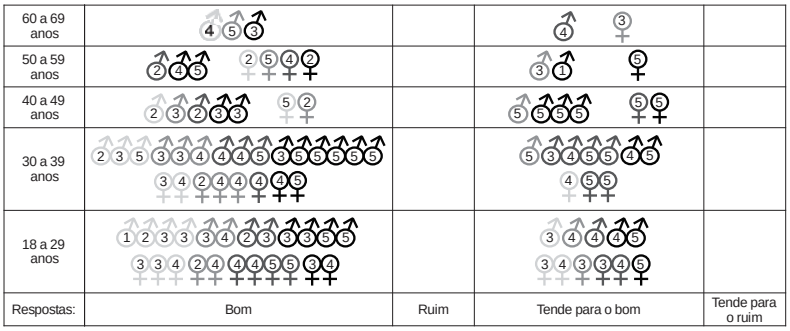
Figura 2. Técnicas construtivas conhecidas pelo público participante (do autor, 2017).

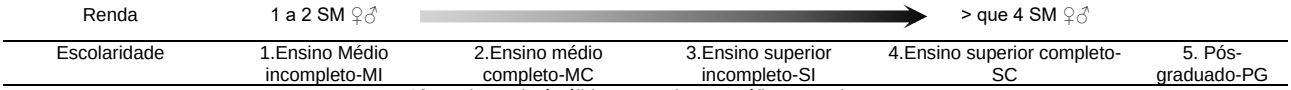


3.1 Percepção dos participantes

O acabamento, em princípio, foi avaliado positivamente por 100% dos participantes (66% “bom” e 34% “tende para bom”) (Fig. 3).

Figura 3. Avaliação sobre o acabamento da taipa (do autor, 2017).

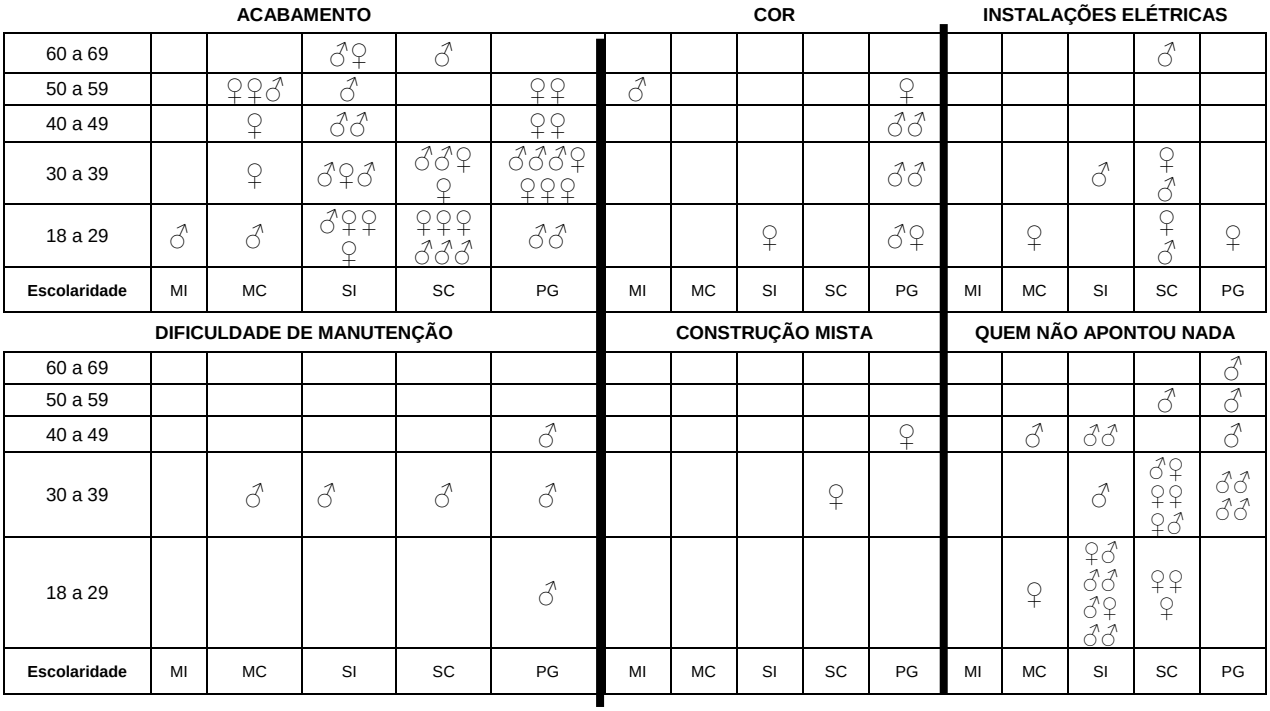




Obs: a legenda é válida para todos os gráficos seguintes.

Entretanto, na pergunta aberta “o que você não gostou da taipa?” (Fig. 4), 43 respostas negativas foram relacionadas ao acabamento e foram obtidas, expressivamente, maior do que as respostas para cor (9), instalações elétricas aparentes (8), dificuldade de manutenção (6) e construção mista (2). Houve 30 pessoas que não apontaram nenhum item de desagrado (66% homens e 33% mulheres). Para os 5 itens desagradáveis, 3 se referem a problemas da técnica em si (acabamento, cor e dificuldade de manutenção) e as outras são de escolhas de projeto (instalação elétrica aparente e construção mista).

Figura 4. Itens não agradáveis da taipa (do autor, 2017)



Nesse caso, como esperado, os respondentes com escolaridade igual ou superior a ensino superior incompleto são a maioria dos respondentes (86 respostas).

Quanto ao acabamento, não se percebeu influência de gênero, idade ou renda, que explicasse a diferença de resposta em relação à Fig. 4. Mas, o detalhamento das 58 avaliações negativas consideradas (referentes aos problemas da técnica em sim), Quadro 1, indicam que um acabamento mais liso e uniforme agradaria vários respondentes.

Quadro 1. Detalhamento dos itens desagradáveis da taipa (do autor, 2017).

Acabamento	Cor	Manutenção
20 - há imperfeições e deformações; 6 – é "rústica"; 4 - questão de gosto; 3 - marcas das linhas das camadas "carregadas"; 3 – presença de fibras incomoda; 2 - não tem brilho; 5 – respostas não úteis.	4 - é escuro; 2 - a cor é monótona; 2 - questão de gosto; 1 - remete à pobreza.	1 – não é versátil; 1 - problemas para compactar com tubulações embutidas; 4 – difícil manutenção.

A cor da parede agrada à maioria dos participantes (69%) e, apesar de relevante, não atrapalha a iluminação dos ambientes (78%), Fig. 5. A maioria define a casa como bonita (64%) ou tende para bonita (33%), conforme se vê na Fig. 6, apresentando como razões o gosto pelo estilo rústico ou porque remete à natureza ou porque percebem que o acabamento pode melhorar. As avaliações negativas se devem às questões de gosto (não gostam do rústico ou acham feio). Observa-se que nas avaliações mais críticas ou negativas, a maioria é de mulheres.

Figura 5. Impressões sobre cor, iluminação dos ambientes (do autor, 2017).

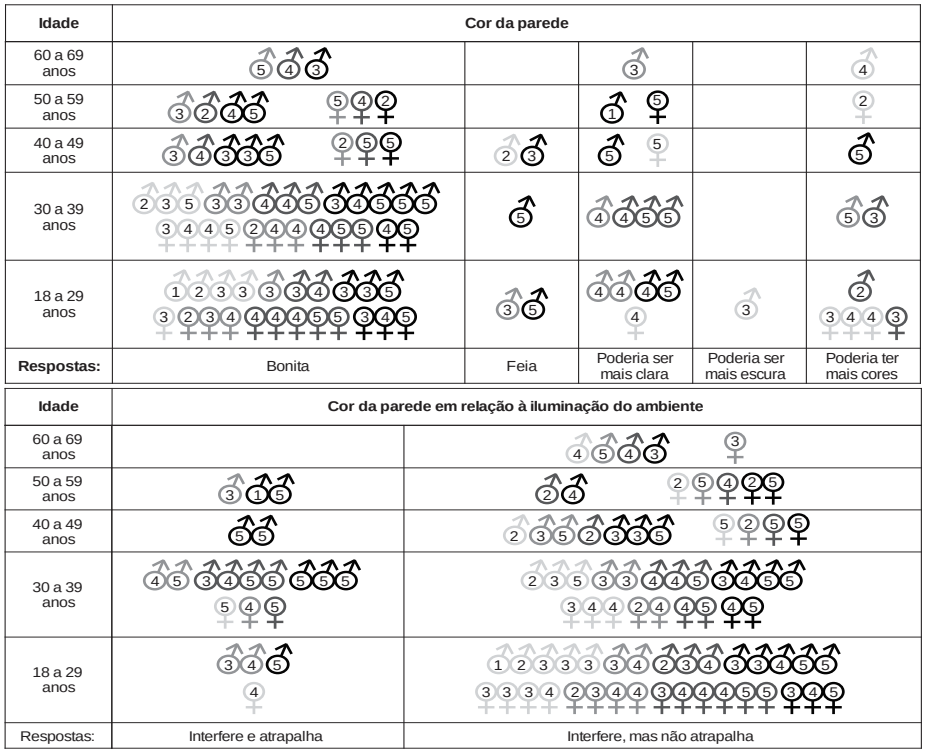
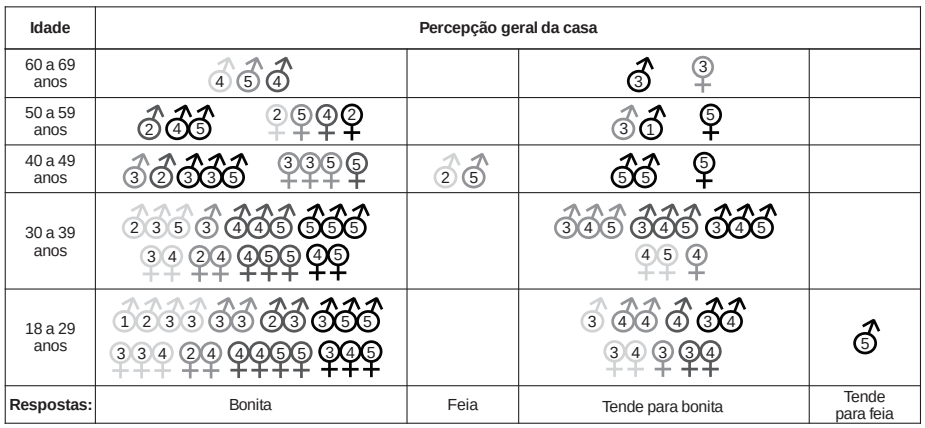


Figura 6. Impressões sobre beleza (do autor, 2017).

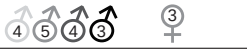
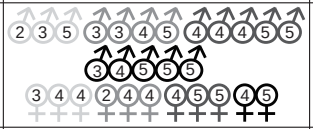
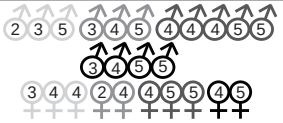
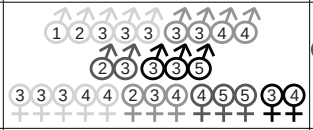
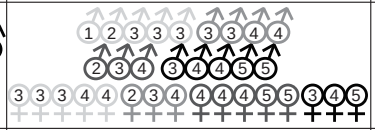


3.2 Aceitação da técnica

Praticamente todos os participantes aceitam a técnica para construção de suas casas respondendo sim (Fig. 7), mas não incondicionalmente. Quase 1/3 dos participantes aceitaram-na como casa secundária e quase a metade das pessoas em construções mistas (paredes de taipa conjugados com paredes de outros materiais). A maioria (86%) confirmou a aceitação da taipa se tivesse incentivos governamentais (financiamentos, normas) para sua construção, assim como indicariam a técnica construtiva a outras pessoas (94%).

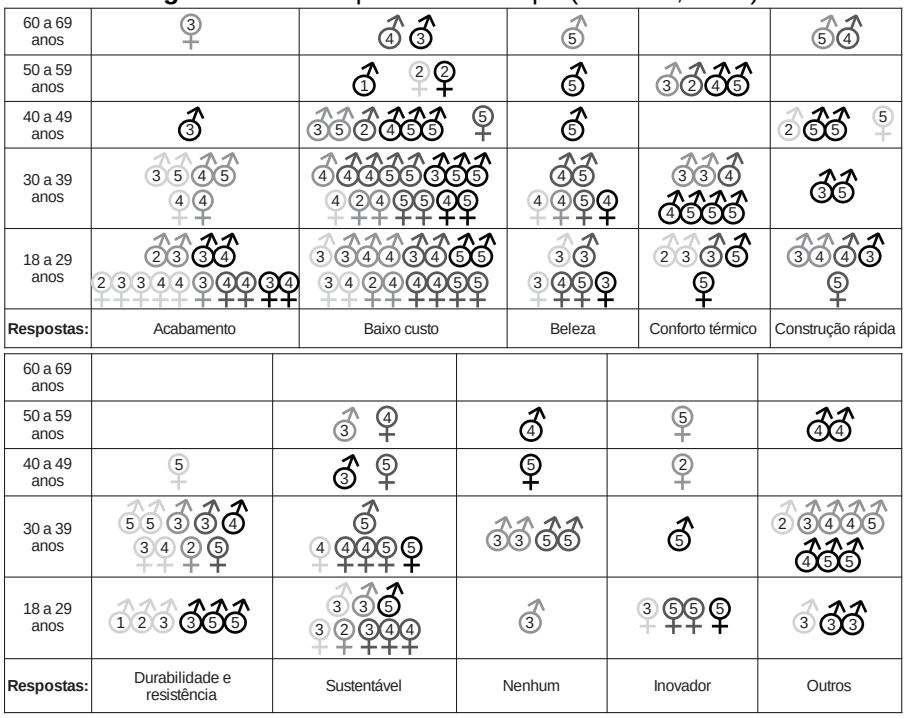
Figura 7. Aceitação da taipa como sistema construtivo (do autor, 2017).

Idade	Se moraria ou construiria com taipa			
60 a 69 anos				
50 a 59 anos				
40 a 49 anos				
30 a 39 anos				
20 a 29 anos				
Respostas:	Sim, construção mista	Sim, 100% taipa	Sim, mas casa para passeio	Não construiria

Idade	Se construiria ou moraria se tivesse incentivo político		Se indicaria para outros	
60 a 69 anos				
50 a 59 anos				
40 a 49 anos				
30 a 39 anos				
20 a 29 anos				
Respostas:	Sim	Não	Sim	Não

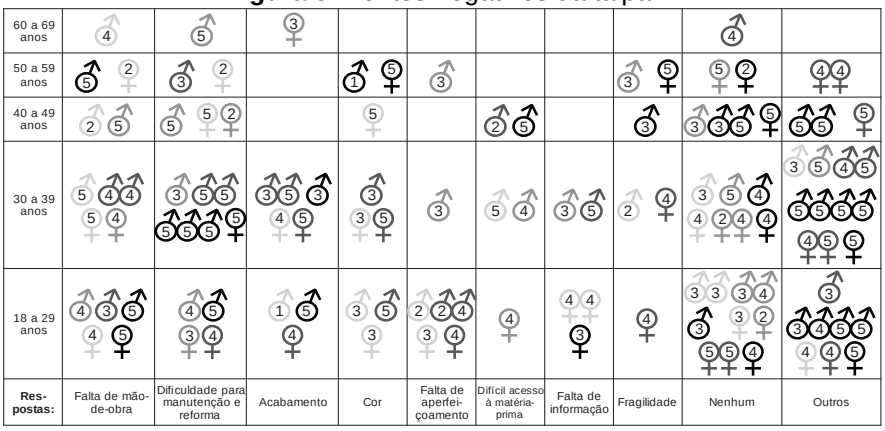
Para a questão dissertativa sobre os pontos positivos e negativos para usar ou não a taipa (Fig. 8 e 9), 3 características (acabamento, custo baixo/alto e fragilidade/durabilidade/resistência) são ambivalentes, evidenciando falta de consenso (na questão de gosto) e falta de informação nas demais. Percebeu-se variedade de aspectos apontados como positivos e negativos, denominados aqui como físicos aparentes (acabamento, cor, beleza), físicos não aparentes (fragilidade, durabilidade/resistência, conforto térmico) e não físicos (falta de mão de obra, manutenção fácil/difícil, obtenção de matéria prima, obtenção de informação, baixo custo, agilidade, sustentável e inovador).

Figura 8. Pontos positivos da taipa (do autor, 2017).



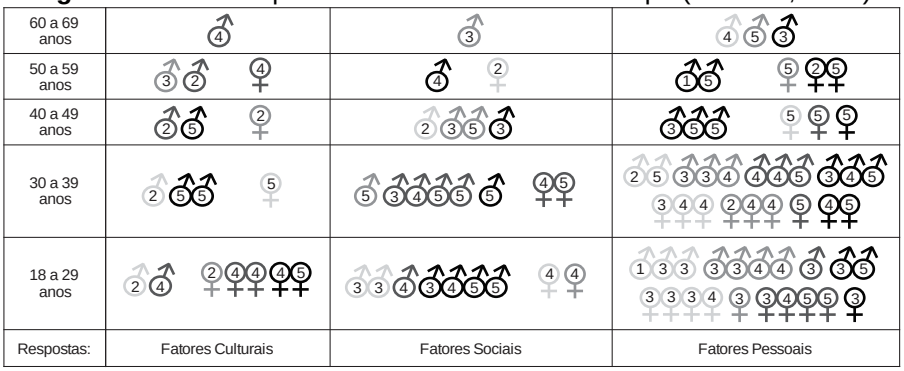
Dos pontos positivos percebidos, apesar de não ter sido informado o custo para os participantes e que isso depende de projeto e planejamento, percebeu-se que a terra é vista como material gratuito e a técnica como algo fácil de executar. Na Fig. 9, a coluna denominada outros, abrange outras respostas citadas com menor frequência, relacionadas a falta de informação, fôrmas, custo, fragilidade, falta de aperfeiçoamento da técnica, preconceito e difícil acesso a matéria prima.

Figura 9. Pontos negativos da taipa.



Quando perguntados sobre qual fator os influenciariam a escolher taipa como sistema construtivo, pouco mais da metade dos participantes (55%) afirmou que os fatores pessoais seriam os mais influentes (Fig. 10).

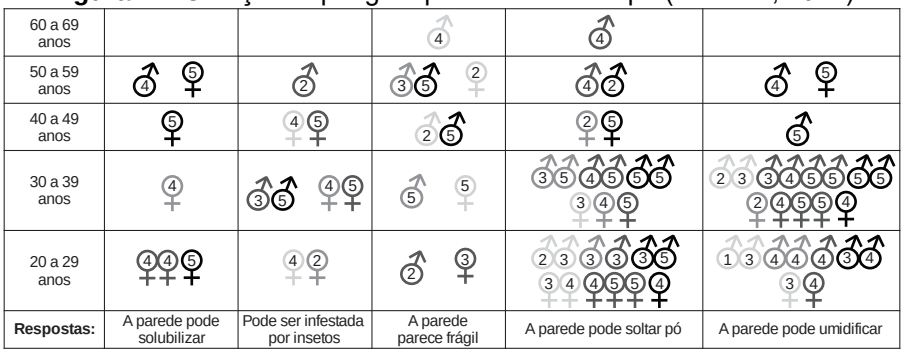
Figura 10. Fatores que influenciam a escolha de taipa (do autor, 2017)



3.3 Crenças e perigos

Dentre as crenças e perigos da taipa (Fig. 11) e que foram percebidos pelos participantes, há os que são procedentes e outros para os quais há evidências científicas contrárias. Apesar de terem sido informados, na ocasião do preenchimento do questionário, sobre um e outro, percebeu-se, pelas respostas, que nem todos os respondentes se convenceram, havendo inclusive menções dos participantes à necessidade de esperar alguns anos para checar o estado de conservação do protótipo ou a necessidade de novas unidades na cidade, para atestar a viabilidade.

Figura 11. Crenças e "perigos" percebidos na taipa (do autor, 2017)



4 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como proposta identificar a percepção das pessoas sobre as construções de terra, especificamente a taipa de pilão. De modo geral, para o grupo analisado, a percepção é positiva, com características a melhorar. A técnica agrada esteticamente e os participantes não se restringiram à percepção dos problemas físicos e apontaram também problemas organizacionais, denotando visão mais ampliada. Os problemas físicos aparentes a serem sanados são a qualidade do acabamento (já que cor e textura são diretamente dependentes da matéria prima disponível no local ou de oferta no mercado, ainda inexistente) e também o detalhamento de interfaces com outros subsistemas.

Já os problemas físicos não aparentes (dificuldade para manutenção) e os organizacionais (dificuldade de encontrar formas, mão de obra, informação) dependem de ações envolvendo mais agentes. As crenças, pelo que foi apontado, não são as maiores barreiras para o uso da técnica, pois os itens mais citados (soltar pó ou umidade nas paredes) podem ocorrer, por falha executiva

ou de manutenção sendo, portanto, procedentes. Cabe mencionar que as respostas menos frequentes, não deixam de ser importantes e, a esses, novos estudos podem ser dedicados.
Nas avaliações positivas, não houve significativa diferença entre homens e mulheres. Entretanto, nas negativas, os homens foram mais detalhistas e críticos. Já os dados de renda, idade e nível de escolaridade não interferiram de forma significativa nas respostas. Evidentemente, mais recursos poderiam ter sido preparados para informar com mais detalhes o participante, o que poderia ter colaborado para reduzir as incertezas nas respostas. São recomendações para melhoria do método. Analisar novas construções e acompanhar o desempenho do protótipo são perspectivas de continuidade desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEVENTE, V. A. ; TRAMONTANO, M. . **Unidade Experimental de Habitação 002: procedimentos metodológicos e resultados da avaliação de aceitação**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC 2000, Salvador. Anais.. Salvador:: UFBA, 2000. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ ENTAC2000_650.pdf>. Acesso em: ago. 2016.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/item/8059>. Acesso em: fev. 2016.

BRASIL. Classificação Brasileira de Ocupações: CBO – 2010 – 3. ed. Brasília: MTE, SPPE, 2010

CARDOSO, Gustavo Duarte. **Avaliação da satisfação de usuários de imóveis residenciais: uma comparação entre incorporação pública e privada em Belém**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. Junho 2003. Disponível em: http://www.ufpa.br/ppgec/data/producaocientifica/Gusavo%20Duarte.pdf. Acesso em: nov. 2016.

COSTA, George Silva; NETO, José de Paula Barros. **Modelo de pesquisa de satisfação dos clientes e perfil dos usuários: Estudo de caso na construção habitacional.** VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Agosto 2010-RJ-RJ. Disponível em: http://www.inovarse.org/sites/default/files/T10_0276_1233_0.pdf. Acesso em: nov. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa**. – 5. ed. – SP: Atlas, 2010 – 2ª reimpressão. 184 p.

HAYES, Bob E. **Medindo a Satisfação do Cliente-Desenvolvimento e Uso de Questionários**, 1ªed. RJ: Qualitymark, 2001.

KARSAKLIAN, Eliane. **Comportamento do consumidor**. 2. Ed. – 5. Reimpr. – SP: Atlas, 2011. 339 pg.

KOTLER, Philip – **Administração de Marketing** – 10ª Edição, 7ª reimpressão. SP: Prentice Hall, 2000

MIRON, Luciana Inês Gomes. **Proposta de diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da construção**. Porto Alegre: PPGEC/UFRGS, 2002. Disponível em: http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1828/000359021.pdf?sequence=1. Acesso em: Julho, 2016.

NEVES, Célia. **O uso do solo-cimento em edificações. A experiência do CEPED.** CEPED . Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. Universidade do Estado da Bahia. Rede Ibero-Americana PROTERRA. 2006. Disponível em: http://www.ahter.org/vsiacot/ponencias/comision4/Neves,%20Celia/PO-Celia%20Neves.pdf. Acesso em: ago. 2016.

PRAHALAD, Coimbatore K.; RAMASWAMY, Venkatarama. **Co-opting customer competence.** Harvard business review, v. 78, n. 1, p. 79-90, 2000. Disponível em: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/infodir/coopting_customer__competence.pdf. Acesso em: nov. 2016.

RAMOS, Maria Estela R.; CUNHA JR., Henrique. **Taipa como Processo Construtivo: O Ensino Cooperativo entre Comunidades, Arquitetos e Engenheiros**. COBENGE 2006. Ensino de Engenharia: Empreender e Preservar. Anais do XXXIV COBENGE, Passo Fundo: Ed: Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006. ISBN 85-7515-371-4. Disponível em: http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2006/artigos/11_53_331.pdf. Acesso em: abr. 2016.

WOODRUFF, Roberto B..**Customer Value: The Next Source for Competitive Advantage.** Academy of Marketing Science. Journal; Spring 1997; 25, 2; ABI/INFORM Complete pg. 139. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/6511585/customer_value_the_next_source_of_competitive_advantage.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1473995669&Signature=BJswZuYhJ3aiPvtDlO9vHBHgSEQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCustomer_value_the_next_source_for_compe.pdf>. Acesso: mai. 2016.

161. APORTES PARA CORRELACIONAR RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y A EROSIÓN HÚMEDA EN BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC)

GONZÁLEZ, Ariel[1] *(aagonzal@frsf.utn.edu.ar); CABRERA, Santiago**[1] *(spcabrera@outlook.com); SOSA, Juan*[1] *(juan_sosa_05@hotmail.com), BRITOS, Luis*[1] *(luis1989_ede@hotmail.com)*

[1]Universidad Tecnológica Nacional, Facultada Regional Santa Fe (UTN - FRSF), Argentina

RESUMEN

En el laboratorio de geotecnia de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN – FRSF), se realizan ensayos de elementos y sistemas constructivos de tierra, dentro de los cuales se destacan aquellos destinados a los Bloques de Tierra Comprimida (BTC). Para estos elementos constructivos hay un listado de servicios que van desde el análisis de suelo y recomendación de dosificaciones y estabilizantes a utilizar, hasta resultados de aptitud y calidad. Para ello se determinan su capacidad portante y su resistencia al intemperismo; propiedades que pueden ser evaluadas mediante la realización de dos tipos de ensayo: ensayo de resistencia a compresión simple según la norma española UNE-EN 772-1 y el ensayo de resistencia a la erosión húmeda por chorro de agua establecido por procedimiento del instituto francés CRATerre-EAG.

A gran parte de los BTC que se moldearon para experimentación en laboratorio o que ingresaron para realizar servicios a empresas productoras de la región se le realizaron los dos tipos de ensayos. La experiencia adquirida luego de la aplicación reiterada de estos ensayos permite suponer la existencia de una relación entre los resultados de ambos, lo cual no ha sido documentado hasta el momento. El objetivo principal de este trabajo es establecer antecedentes que, a largo plazo, permitan elaborar protocolos por los cuales, mediante la realización del ensayo de erosión húmeda por chorro de agua, se pueda estimar de manera cualitativa el resultado del ensayo a compresión simple y viceversa.

Palabras claves: Bloques de tierra comprimida : Resistencia a erosión : Resistencia a compresión

CONTRIBUTIONS TO CORRELATE COMPRESSION RESISTANCE AND HUMID EROSION IN COMPRESSED GROUND BLOCKS (CEB)

ABSTRACT

At the geotechnics laboratory of the Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN – FRSF), tests are carried out on earth elements and constructive systems, mainly on the ones destined to be Compressed Earth Blocks (CEB). For these constructive elements there is a list of services that go from soil analysis, dosages recommendation and stabilizers to use to aptitude and quality results. For this, their bearing capacity and weather resistance are determined. These properties can be evaluated by performing two types of tests: simple compression strength test (Spanish standard UNE-EN 772-1:2002 and the resistance test to wet erosion by water jet (French regulations CRATerre- EAG).

These two tests were performed on most of the CEBs molded for laboratory experimentation and those received by the university through our professional support area as a third-party service provider to regional manufacturing companies. The experience acquired after replicated testing allows us to presuppose the existence of a correlation between both results, which has not been documented so far. The main aim of this work is to outline the necessary background information to,

in the long term, elaborate protocols based on the wet erosion test by water jet to be able to estimate qualitatively the result of the simple compression test and vice versa.
Keywords: compressed earth blocks : erosion resistance : compression resistance.

1. INTRODUCCIÓN

En el laboratorio de Geotecnia del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, se realizan ensayos a elementos y sistemas constructivos elaborados a partir de tierra como insumo principal, dentro de los cuales se destacan los destinados a Bloques de Tierra Comprimida (BTC), ya que durante los últimos años se ha incrementado notoriamente el número de usuarios y productores de esta tecnología en la región.
El Bloque de Tierra Comprimida o BTC es un elemento para mampostería fabricado mediante la compresión o prensado de tierra - la cual se encuentra contenida en un molde - empleando una prensa mecánica o hidráulica, manual para bajas demandas de producción o automática para sistemas industrializados (FONTAINE, 2009). Si bien el material de base lo constituye la tierra, la misma admite la adición de estabilizantes minerales (cal, cemento o bitumen de asfalto) que permitan mejorar las características físicas del BTC, ya sea aumentando su resistencia a la compresión, al intemperismo, o reduciendo las fisuras provocadas por la retracción de la arcilla (ROUX, 2010).
Las ventajas generales que presenta el BTC en comparación con otros mampuestos de fábrica, como el tradicional ladrillo cerámico o el bloque de hormigón, podrían resumirse en su regularidad de forma (caras lisas y aristas vivas), su alta densidad y la posibilidad de ser reciclado prácticamente en su totalidad (ROUX GUTIÉRREZ, MUJICA, 2012).
En cuanto a la producción del bloque en sí, la tecnología aplicada posee características que lo hacen más económicas y ambientalmente amigables si se la compara con la fabricación de otros materiales semejantes. Para empezar, la energía utilizada en la producción de estos bloques es mucho menor que en cualquier otro mampuesto similar; además, si bien se precisa de algunos aditivos como la cal, el cemento o el bitumen, éstos representan un porcentaje muy bajo en comparación con los demás elementos constitutivos del bloque (BESTRATEN, HORMÍAS, ALTEMIR, 2011). Otra ventaja que presentan estos bloques es que la capacitación requerida por el personal encargado de producir los bloques no requiere de mucho tiempo, dada la fácil asimilación de la técnica productiva. A su vez, los costos de fabricación son mucho menores al de sus pares “tradicionales” (como el ladrillo cerámico común o hueco y bloques de hormigón), teniendo en cuenta la poca energía utilizada para su producción, y que su fabricación se hace aprovechando los recursos del sitio (VÁQUES ESPI, 2001).
Dentro de los ensayos normalmente realizados sobre los bloques de tierra comprimida se destacan el ensayo de resistencia a compresión y el de resistencia a la erosión húmeda, por ser ambos indicadores directos de la capacidad portante y la resistencia al intemperismo de los mismos. El laboratorio de geotecnia de la UTN – FRSF posee una vasta experiencia en la realización de este tipo de ensayos sobre BTC.
A un gran número de los bloques de tierra comprimida que se moldearon para experimentación en laboratorio o que ingresaron para realizar servicios a empresas productoras de la región se le realizaron los ensayos de resistencia a compresión seca y erosión húmeda por chorro de agua. La experiencia adquirida luego de la aplicación reiterada de estos ensayos permite suponer la existencia de una relación entre los resultados de ambos, lo cual no ha sido documentado hasta el momento.

1.1 Resistencia a la compresión

Dada la ausencia de normativa técnica relacionada a elementos constructivos con tierra en la Argentina, para evaluar la resistencia a compresión sobre bloques de tierra comprimida el laboratorio de geotecnia de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe sigue el procedimiento estipulado por la normativa española UNE-EN 772-1:2011+A12016. Es importante mencionar que esta norma, a diferencia de las normas francesas (Guía N° 11 del instituto CRATerre y norma AFNOR XP P13-901: 2001), colombiana (NTC 5324: 2004) y brasilera (NBR 8492: 2012), sólo estipula la realización del ensayo sobre probetas secas, no siendo requerida la determinación de la resistencia a compresión húmeda (previa inmersión de los bloques en agua durante 24 hs).
En el apartado 3 del presente informe se describe el procedimiento empleado para realizar el ensayo de compresión estipulado por la norma española.

1.2 Resistencia a la erosión

Existen diversos métodos de ensayo que permiten conocer la resistencia al intemperismo de los bloques de tierra comprimida. Tanto la normativa colombiana (NTC 5324: 2004) como brasilera (NBR 13554:2012) determinan la resistencia a la abrasión cepillando reiteradas veces un BTC y determinando luego la pérdida porcentual de masa experimentada por el bloque, con la salvedad que, la norma colombiana establece la realización del ensayo con el bloque perfectamente seco, mientras que la brasilera estipula realizarlo con el bloque en condiciones húmedas. Por el contrario, el anteproyecto de la norma mexicana NMX-C-508-ONNCCE: 2014 y la norma española UNE-EN 41410: 2008 realizan un ensayo de erosión húmeda mediante el cual se expone al bloque de tierra comprimida a un goteo continuo de agua, desde una altura y un durante un lapso de tiempo estipulado, midiendo luego la profundidad del orificio generado sobre la cara expuesta del bloque.
Otra forma de conocer la resistencia al intemperismo de los BTC es evaluar su resistencia a la erosión húmeda empleando un equipo de chorro de agua normalizado, como lo estipula el instituto francés CRATerre y la norma neozelandesa NZS 4298: 1998.
En el laboratorio de Geotecnia de la UTN – FRSF, el ensayo empleado para determinar la resistencia a erosión de los bloques de tierra comprimida es el establecido por CRATerre, el cual se describe en el apartado 3.2.

2. OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es establecer antecedentes que, a largo plazo, permitan elaborar protocolos por los cuales, mediante la realización del ensayo de erosión húmeda por chorro de agua, se pueda estimar de manera cualitativa el resultado del ensayo a compresión simple y viceversa, planteando como hipótesis la existencia de correlación entre los ensayos de resistencia a la compresión siguiendo la normativa española y de resistencia a erosión húmeda según el protocolo CRATerre.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Con intenciones de establecer la existencia de esta relación entre los ensayos de resistencia a compresión y a erosión húmeda en los bloques de tierra comprimida, se realizó un análisis exhaustivo del historial de ensayos a BTC realizados en el laboratorio de geotecnia de la Universidad.
A continuación se detalla el procedimiento empleado para realizar ambos ensayos e intentar establecer una correlación entre los mismos.

3.1 Ensayo de resistencia a compresión

Como fue explicado en el inciso 1.1, el procedimiento adoptado para la realización del ensayo de resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida es el estipulado por la norma española UNE-EN 772-1, el cual se describe a continuación.

3.1.1 Preparación de la muestra

Se llevan los bloques a ser ensayados a estufa dejándolos secar hasta que la masa sea constante. Se corta de manera transversal cada bloque en dos partes iguales, sobreponiendo las dos mitades correspondientes de cada bloque por la cara a pegar - previamente humedecida -y teniendo cuidado de invertirlas, es decir que la cara de una quede en el mismo plano de la sección de corte de la otra. Se pegan las dos mitades empleando una capa de mortero 10 mm de espesor, el cual está constituido por una mezcla de tierra y cemento con medida de 1 parte de cemento por 4 partes de tierra, de manera que el ensayo se pueda hacer después de 48 horas de curado.

3.1.2 Procedimiento del ensayo

Una vez endurecido el mortero se miden las dimensiones de la superficie superior e inferior de las probetas, calculando para cada una de ellas la superficie promedio. Se ubica la probeta sobre el plato de carga, verificando que la misma se encuentre perfectamente centrada.
Se aplica luego la carga de una manera continua y sin movimientos bruscos, a una velocidad constante de 0.02 mm/s o la correspondiente a un aumento de presión de 0.15 MPa/s y 0.25 MPa/s hasta la rotura completa de la probeta.
Se registra la máxima carga soportada por la probeta durante el ensayo.

3.1.3 Interpretación de resultados

Como puede observarse en la ecuación (1) el esfuerzo de rotura R del bloque en la sección bruta mínima, expresada en MPa, se obtiene dividiendo los valores de la carga de rotura del bloque C (en Kgf), por 10 veces el valor de la sección bruta mínima del bloque Sb (en cm^2):

$$R\ (MPa) = \frac{C\ (Kgf)}{10 * Sb\ (cm^2)} \qquad (1)$$

3.1.4 Instrumental

Para la realización de estos ensayos se utilizó un gato hidráulico tipo “botella” con 20 tf de capacidad, una celda de carga con apreciación de 5 kgf y capacidad máxima de 20 tf; un pórtico de carga y dos suplementos metálicos empleados para transmitir de manera uniforme las cargas aplicadas sobre las caras de contacto. En la Figura 1 puede apreciarse el instrumental empleado durante la ejecución de los ensayos de compresión.

Figura 1. Ensayo de resistencia a compresión



3.2 Ensayo de evaluación del nivel de erosión húmeda

El procedimiento descripto por el instituto CRATerre es aplicable a cualquier elemento constructivo elaborado a partir de suelo estabilizado, ya sea con cal o con cemento.

3.2.1 Descripción del equipo de ensayo

El equipo utilizado para la realización de este ensayo consta de un receptáculo de material no corrosivo, el cual posee en su interior una base deslizante sobre la cual se coloca el bloque a ensayar y un aspersor, desde donde es impulsado el chorro de agua. En la parte inferior del receptáculo se encuentra un colector mallado que actúa como filtro, a través del cual ingresa el agua al dispositivo de bombeo para ser recirculada nuevamente.

Por fuera del receptáculo descripto se ubica una bomba, la cual mediante una combinación de una válvula mariposa y un manómetro, garantiza que el sistema permanezca a la presión estipulada por el ensayo. En la Figura 2 puede observarse el equipo empleado para la realización del ensayo.

3.2.2 Procedimiento del ensayo

Se coloca el bloque a ensayar de manera tal que la superficie expuesta al chorro de agua diste 20 cm del aspersor. Se cubre luego la cara expuesta con una máscara impermeable que posee una abertura de 8 cm x 4 cm. El objetivo de la máscara es evidenciar el daño causado por el chorro de agua.

Se acciona el dispositivo garantizando que en todo momento la presión del agua sea de 1.4 bar.

La duración del ensayo es de dos horas, realizando intervalos cada treinta minutos para inspeccionar de manera visual la superficie expuesta, relevándose fotográficamente lo observado.

Figura 2. Ensayo de evaluación del nivel de erosión húmeda





3.2.3 Interpretación de resultados

Tanto la normativa francesa como la neozelandesa estipulan el “nivel de erosión” en función de la máxima profundidad de la erosión producida sobre la cara expuesta del bloque. Los 5 niveles de erosión establecidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Nieles de erosión establecidos por la norma NZS 1298:1998

Máxima profundidad alcanzada	Nivel de erosión
0 < D < 5 mm	Nivel 1
20 mm < D < 50 mm	Nivel 2
50 mm < D < 90 mm	Nivel 3
90 mm < D < 120 mm	Nivel 4
D > 120 mm	Nivel 5

En el laboratorio de geotecnia de la UTN – FRSF se realiza el ensayo de evaluación del nivel de resistencia a la erosión húmeda según el protocolo de CRATerre desde hace ya 5 años, luego de los cuales se logró asociar a cada nivel de erosión posible una imagen representativa (patrones de comparación), lo cual permite determinar el nivel de erosión húmeda de los BTC ensayados de manera visual, contrastando el grado de deterioro experimentado por los bloques con los patrones mencionados. Los patrones de comparación empleados pueden apreciarse en la Figura 3. La evaluación del nivel de resistencia a la erosión húmeda empleando los patrones de comparación

reduce el tiempo requerido para evaluar los resultados del ensayo, sin comprometer la veracidad de los mismos.

Figura 3. Patrones de comparación empleados por el laboratorio de geotecnia de la UTN – FRSF en la determinación el nivel de resistencia erosión húmeda



Otra forma de evaluar el nivel de resistencia a la erosión húmeda de los BTC es mediante la medición de la pérdida de masa porcentual experimentada por los mismos luego de ser ensayados. Sin embargo, esta metodología no se aplica actualmente en el laboratorio de geotecnia dado se requiere conocer la masa seca de los bloques antes y después de la realización del ensayo, motivo por el cual, la determinación del nivel de resistencia a la erosión húmeda siguiendo esta metodología demanda más tiempo que el requerido por el método de comparación visual precedentemente explicado.

3.3 Lotes de BTC ensayados

Para intentar correlacionar los resultados del ensayo de resistencia a erosión húmeda y resistencia a compresión, se analizaron los resultados de todos los ensayos realizados sobre BTC desde el mes de enero del año 2015 hasta la actualidad.

Los ensayos considerados están relacionados con actividades de investigación y desarrollo que se realizan a través de convenios específicos con empresas productoras de la zona que y también en proyectos propios de la universidad tendientes a la introducción de mejoras en las prensas utilizadas, las formas de los BTC y su sistema constructivo y los procesos de producción. Por otra parte también se consideraron los resultados de ensayos realizados como servicios a terceros por productores de la zona tanto para mejorar las dosificaciones empleadas como para certificar la calidad del producto. Se tomaron 20 lotes de bloques provenientes de las actividades arriba mencionadas.

Es de relevancia mencionar que tanto la proporción como el tipo de suelo fino, arena y estabilizantes empleados en la elaboración de cada lote de BTC fueron diferentes. En algunos casos fue empleado suelo de la zona (limo de baja plasticidad - ML), en otros arcilla de alta plasticidad (HL) proveniente

de la provincia de Córdoba, en algunos una mezcla de arcilla y limo, mientras que en los restantes fue empleada una mezcla de suelo arcilloso con puzolana. En lo que respecta al agregado granular, se empleó para algunos lotes arena del río Paraná y en otro, arena volcánica proveniente de la provincia de Mendoza. Los estabilizantes empleados en la elaboración de los diferentes bloques también fueron diversos, utilizándose cal hidráulica hidratada, cemento portland y una combinación de ambos, en proporciones que oscilaron entre el 7 y el 33% del peso del bloque (húmedo).
La diversidad en la composición de los BTC estudiados es de fundamental importancia, ya que la hipótesis principal de esta investigación es la existencia de una correlación entre los resultados de los ensayos de resistencia a compresión y erosión húmeda sobre BTC, sin importar los materiales y las proporciones de los mismos con la que los bloques fueron elaborados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los ensayos realizados sobre 303 bloques de tierra comprimida elaborados con diversas dosificaciones. En la misma pueden observarse las resistencias medias y características a compresión de cada lote ensayado, junto con el nivel de erosión por chorro de agua correspondiente a cada uno.
La determinación de la resistencia característica a compresión se realizó empleando el fractil del 5%, lo cual es coincidente con lo estipulado por la norma española UNE 41410: 2008; significando que el 95% de los BTC de cada lote presenta una resistencia al menos igual a dicho valor.

Tabla 2. Comparación entre resistencia a compresión y resistencia a erosión húmeda

Lote	N° de BTC ensayados	Resistencia Media (MPa)	Resistencia Característica (MPa)	Resistencia a erosión húmeda (Nivel)
1	31	4,09	3,57	1
2	21	3,58	3,22	1
3	19	2,90	2,53	1
4	39	2,94	2,44	1
5	43	3,08	2,21	1
6	34	2,82	2,26	1
7	19	2,07	1,53	1
8	10	1,58	1,08	1
9	13	1,01	0,68	3
10	25	0,69	0,6	3
11	23	0,8	0,53	3
12	26	0,57	0,48	4

Luego de analizar detenidamente los valores de la Tabla 2, pueden hacerse los siguientes comentarios:

- La resistencia característica a compresión para los BTC cuyo nivel de resistencia a la erosión húmeda fue 1 - salvo los bloques del lote 8 - estuvo comprendida entre los 1.53 MPa y 3.57 MPa.

- La resistencia característica a compresión de los bloques cuyo nivel de resistencia a la erosión húmeda fue 3 y 4 estuvo comprendida entre los 0.48 MPa y 0.68 Mpa.
- No se han encontrado bloques cuyo nivel de resistencia a la erosión húmeda sea 2 o 5.

Con respecto a los resultados obtenidos en el lote 8, puedo suponerse que la gran dispersión existente en los resultados del ensayo de resistencia a la compresión (Sd = 0.32 MPa) es la causante de la baja resistencia característica a compresión, ya que, como puede apreciarse en la Tabla 2, la resistencia media a compresión de dicho lote es de 1.58 MPa.

5. CONCLUSIONES

Los ensayos realizados hasta el momento dan la pauta que, para los BTC cuyo nivel de resistencia a la erosión húmeda sea 1, probablemente su resistencia característica a compresión supere el valor mínimo establecido por la norma española, de 1.3 MPa. Además, los resultados obtenidos dan indicios de la existencia de una correlación entre los resultados de los ensayos de evaluación del nivel de erosión húmeda según el protocolo CRATerre y el ensayo de resistencia a compresión establecido por la norma española UNE-EN 772-1:2011.
Siendo estos resultados alentadores, es preciso continuar con esta línea de investigación, realizando más ensayos, mediante los cuales se puedan corroborar los resultados obtenidos hasta el momento y avanzar en la búsqueda de una correlación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Norma UNE 41410: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. Madrid: AENOR, 2008.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Norma UNE-EN 772-1: Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión. Madrid: AENOR, 2011.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR). AFNOR XP P 13-901: Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons. Définitions, Spécifications, Méthodes d'essais, Conditions de réception. París: AFNOR, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma NBR 8492: Tijolo de solo-cimento. Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de agua. Método de ensaio. São Paulo: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma NBR 13554: Solo-cimento. Ensaio de durabilidade por molhagen e secagem. Método de ensaio. São Paulo: ABTN, 2012.

BESTRATEN, S.; HORMÍAS E.; ALTEMIR A. Construcción con tierra en el siglo XXI. Revista Informe de la Construcción. V. 63, n 523, p 26 – 29, 2011.

CENTRE INTERNATIONAL DE LA CONSTRUCTION EN TERRE – ECOLE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE (CRATerre-EAG). Série Technologies Nº 11: Blocs de terre comprimée. Normes. Grenoble: CRATerre-EAG; BASIN, 1998.

FONTAIN, Leatitia; ANGER, Romain. Batir en terre. Du graind de sable à l'architecture. Lyon: Belin, 2009. 221 p.

MAZARRÓN, F.; CAÑAS, I. Las normativas de construcción con tierra en el mundo. Revista Informes de la construcción. V. 63, n 523, p. 159 – 169, 2011.

ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C. (ONCCE). Anteproyecto de norma mexicana NMX C 508: Industria de la construcción. Bloque de tierra comprimida estabilizado con cal. Especificaciones y métodos de ensayo. México D.F.: ONCCE, 2014.

ROUX, Rubén. Los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) en zonas húmedas. México, D.F.: Plaza y Valdés S.A., 2010. 185 p.

ROUX, Rubén; ESPUNA, José. Bloques de Tierra Comprimida adicionados con fibras naturales. México D.F.: Plaza y Valdés S.A., 2012. 151 p.

STANDARDS NEW ZEALAND. Standard NZS 4298: Materials and Workmanship For Earth Builidings. Wllington: Standards New Zealand, 1998.

VÁZQUES ESPI, M. Construcción e impacto sobre el ambiente: El caso de la tierra y otros materiales. Revista Informes de la construcción. V. 52, n 471, p. 29 – 43, 2001.

174. INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA COMO PIGMENTO EM ARGAMASSAS

KAEFER, L.[1](lucaskaefer@hotmail.com); ARNOLD, D. C. M.[1](daim@feevale.br); SILVA, A.T.[1](adrianat@feevale.br); JAHNO, V. D.[1] (vanusca@feevale.br)
[1]IUniversidade Feevale, Brasil

Lucas Kaefer

RESUMO
O reaproveitamento de resíduos gerados pelo consumo descontrolado de recursos naturais não renováveis vem ganhando grande importância e interesse. Na construção civil não é diferente e o segmento de blocos cerâmicos gera muitos resíduos após a queima, os quais usualmente não têm destinação adequada, causando impacto para a indústria, a administração pública e a sociedade em razão da ausência de parâmetros de controle sobre geração, destinação e incentivos a reciclagem e reaproveitamento dos mesmos. É importante que os resíduos gerados nesse procedimento tenham uma destinação adequada e uma das possibilidades é a incorporação destes. Nesse sentido, as matrizes cimentícias têm se mostrado com boas perspectivas e uma das alternativas é a incorporação como pigmento em concretos e argamassas, devido as suas características colorimétricas e químicas, gerando construções mais atraentes do ponto de vista estético e beneficiando assim o meio ambiente. Assim, o presente estudo buscou avaliar a incorporação de resíduos de cerâmica vermelha na produção de pigmentos para argamassa colorida, com o objetivo principal de dar uma destinação adequada para o resíduo e reduzir o impacto ambiental gerado por este. Para tanto foi analisado a incorporação do resíduo de cerâmica vermelha na confecção de argamassas, nas proporções de 0%, 10%, 20%, 50% e 100%. Para analisar a influência do resíduo na argamassa foi definido um traço referência de 1:2,3 (cimento:agregado miúdo), realizou-se ensaios de índice de consistência no estado fresco e no estado endurecido foi verificado a resistência à compressão, resistência à tração na flexão, eflorescência e análise visual da intensidade de coloração das amostras. Os resultados apontam que este resíduo tem potencial para ser utilizado como material alternativo na produção de argamassa pigmentada, porém ressalta-se a necessidade de maiores especificações e análise para a utilização do material.
Palavras-chave: Argamassa colorida; Pigmento de resíduo; Resíduos de cerâmica vermelha.

INCORPORATION OF RED CERAMIC WASTE AS A PIGMENT IN MORTARS

ABSTRACT
The reuse of residues generated by the uncontrolled consumption of non-renewable natural resources has been gaining great importance and attention. In the construction industry it isn't different. The segment of ceramic blocks, after the burning, generates a lot of residues, whose destination is usually not appropriate, causing impact in the industry, in the public administration and in the society, due to the absence of control parameters over generating, destination and encouraging the recycle and the reuse of the above. It is important that the residues generated in this process have an adequate destination and one of the possiblities would be their incorporation. In this regard, the cement companies have been showing good perspectives and one of the alternatives is incorporation into pigment of concrete and mortar, because of its colorimetric and

chemestry traits, creating more better looking constructions in an aesthetic view, and thus benefiting the natural environment. Therefore, the present research seeks to avaliate the incorporation of red ceramic residues into the production of pigments for colored mortar, with the main objective of giving an appropriate destination to the residue and reduce the environmental impact created by it. For this purpose, it was analyzed the incorporation of red ceramic residue in the making of mortar, at the proportions of 0%, 10%, 20%, 50% and 100%. To analyze the influence of the residue in the mortar, it was set a reference mark of 1:2,3 (cement; small aggregate) and done consistency index tests in the fresh state; and in the hardened state it was verified resistance to compression, to traction in flexing, efflorescence and visual analysis of the sample's color intensity. The results show that this residue has potential to be used as an alternative material in the making of colored mortar, however it is worth noting the need of better specifications and analysis for the use of the material.
Keywords: Colored mortar; Pigment of residue; Red ceramic residues.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil passa por um processo gradativo de modernização, seguindo uma tendência de países desenvolvidos e buscando acompanhar as mudanças sociais, econômicas e tecnológicas incorporadas por outros setores produtivos do país. Assim é possível perceber no setor as tecnologias desenvolvidas, com novos materiais e produtos, a padronização de procedimentos, a racionalização de atividades e a redução de desperdícios. Porém para que o avanço tecnológico seja mais completo e eficiente há a necessidade de integração de todos os segmentos envolvidos com o processo de construção e neste sentido, engenharia e arquitetura também precisam passar por uma transformação (PASSUELO, 2004).

Nesse contexto, tem-se a indústria de cerâmica vermelha que é uma das principais geradoras de resíduos oriundos de tijolos, telhas e blocos cerâmicos, que, por mau armazenamento, apresentam defeitos como trincas, empenamentos e baixa resistência (ALCANTARA, 2015). Geralmente esses resíduos não tem destinação final adequada, prejudicando o meio ambiente.

Segundo Junior (2011), esse cenário obriga a busca por soluções modernas e sustentáveis que minimizem o efeito da indústria da construção no meio ambiente. E nessa perspectiva a reciclagem é uma das alternativas mais eficazes na redução da geração de resíduos e também na diminuição do impacto gerado contra o meio ambiente, produzindo novos produtos resistentes e duráveis.

Dentro do processo de modernização e inovação, Kirchheim et al. (2003) cita o favorecimento do desenvolvimento de concretos especiais e o surgimento de novas demandas de desempenho para o concreto estrutural com especial enfoque nas questões estéticas relacionadas a este material, que começaram a ser repensadas.

Neste sentido, Passuelo (2004) analisa o crescimento da demanda por um concreto que apresente o mesmo desempenho dos concretos convencionais, de cor cinza, mas que satisfaça as necessidades estéticas, apresentando características diferenciadas em relação à cromacidade.

Piovesan (2009) salienta que para melhor inclusão de uma edificação ao seu entorno, vem sendo adotado nos últimos anos uma nova concepção urbanística, aonde a escolha dos materiais, textura final das superfícies e das cores, vem sendo de fundamental importância já que estes parâmetros exercem um papel fundamental no efeito estético. Assim, Coelho (2001) complementa que as exigências da sociedade por um ambiente mais agradável reforçam o resultado que a cores podem proporcionar nas edificações urbanas e em seus pavimentos.

O concreto arquitetônico colorido é confeccionado com a incorporação de pigmentos que podem ser de origem natural, industrializados ou mesmo de resíduos. Porém, o registro de estudos de novos concretos coloridos é insipiente. Passuelo (2004) enfatizou o problema da introdução de um

novo material devido a necessidade de caracterização de suas propriedades e do seu desempenho. Assim, a viabilização da utilização do concreto colorido passa pela realização de pesquisas que apresentem o desempenho deste material em relação à vida útil, os efeitos da interação entre os materiais constituintes e a busca por soluções para manifestações patológicas apresentadas, como fissuras, manchamentos e perda de cor.

Segundo Ezzeldin (2013), apesar da recente tendência de tornar as cidades mais atraentes e com mais cor através do uso de concreto com pigmento, o desempenho do concreto arquitetônico e a estabilidade da cor raramente têm sido abordados, tão pouco se tem registro de técnicas para avaliar a estabilidade de cor resultante da adição de pigmentos, expondo a necessidade de mais estudos para este material.

Piovesan (2009) argumenta que concreto colorido tem grande utilização na confecção de artefatos de cimento, produtos pré-moldados e pisos de concreto, sendo também utilizados, porém em menor escala em estruturas para fins arquitetônicos e obras civis de grande porte. É importante o conhecimento da resistência e da durabilidade deste material, para determinar a inserção deste no mercado, com maior confiabilidade de aplicação e uso. E esse é um dos desafios do concreto colorido, uma vez que a utilização do concreto aparente representa o uso do concreto não apenas como finalidade técnica de um sistema construtivo, mas também como um elemento estético da estrutura e modo de expressão (TUDORA, 2011).

Alguns estudos já foram apresentados como o de Montovani (2014) que avalia a utilização de lodo de fosfatização como pigmento em matriz de cimento Portland associada à cinza volante nas argamassas, avaliando a influência que esse resíduo possa trazer as propriedades do material. O autor indica o caráter inovador da utilização de resíduos como pigmentos, abrindo um novo campo de aplicações, acrescentando diversas alternativas para projetos arquitetônicos.

Alcantara (2015), sobre a viabilidade da incorporação de resíduos de cerâmica vermelha na busca pela redução de pigmentos em blocos intertravados, acrescenta que a utilização de resíduos de cerâmica concomitantemente ao pigmento pode aumentar as propriedades mecânicas dos materiais, além de atingir uma coloração satisfatória ao mercado, sendo uma alternativa promissora como pigmento.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como enfoque principal avaliar a viabilidade da utilização de resíduo de cerâmica vermelha como pigmento para argamassa colorida, buscando a confecção de um material adequado para uso e com fins estéticos para as edificações. Entendendo que esta é a primeira etapa de um trabalho que visa a incorporação do resíduo em concretos.

2. OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa é a incorporação de resíduo de cerâmica vermelha como pigmento em argamassas.

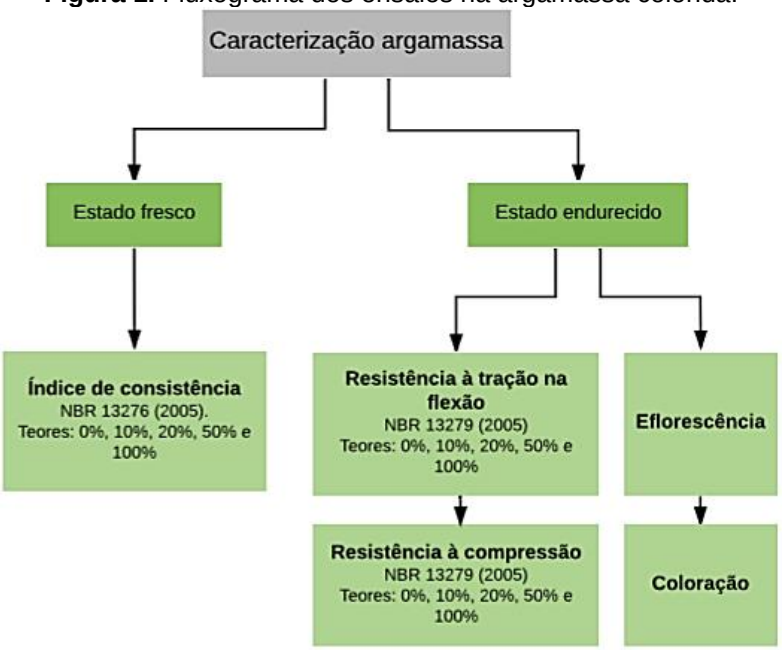
Os objetivos específicos são:

- Analisar a influência do resíduo de cerâmica vermelha na trabalhabilidade das argamassas no estado fresco através do índice de consistência;
- Avaliar as propriedades das argamassas com incorporação de resíduo de cerâmica vermelha, no estado endurecido através da resistência à compressão, resistência à tração na flexão, coloração e eflorescência.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para realização dos ensaios foram utilizados resíduos de cerâmica vermelha oriundos de empresa da região do Vale dos Sinos, o resíduo foi inicialmente triturado no Triturador TS 2X20/600 e na sequência moído no Moinho de Bolas CT - 241, da Universidade Feevale. O resíduo utilizado foi adicionado à matriz cimentícia, não ocorrendo compensação de massa específica dos materiais. O cimento empregado foi o Cimento Portland Branco, por apresentar melhores resultados colorimétricos em contato com pigmentos. Foi utilizada água tratada pela concessionária de abastecimento da região Novo Hamburgo - RS.
O programa experimental baseou-se em Montovani (2014) para definir os traços utilizados, como mostra a Tabela 1. Foram corrigidos o consumo de cimento e a quantidade água/aglomerante, em relação às quantidades incorporadas de resíduos.
Com isso foi elaborado um programa experimental apresentado na Figura 1, que possibilita a análise da cromacidade do pigmento de resíduo na argamassa, assim como a resistência mecânica com a incorporação do mesmo.

Figura 1. Fluxograma dos ensaios na argamassa colorida.



Fonte: autores (2016)

Tabela 1. Traços utilizados.

Traços utilizados		
Cimento:Agregado miúdo	**Relação água/aglomerante**	**Resíduo**
1:2,3	0,6	0%
1:2,3	0,6	10%
1:2,3	0,6	20%
1:2,3	0,6	50%
1:2,3	0,6	100%

Fonte: autores (2016)

3.1 Resistência à tração na flexão e compressão

Para análise da resistência foi verificado 3 corpos de prova para cada percentual de incorporação, a desmoldagem foi adaptada da norma ABNT NBR 13279 (2005) ocorrendo após 5 dias devido a questões de prazo e visando manter o padrão para todas as incorporações. As amostras permaneceram até o dia da ruptura em ambiente de laboratório com temperatura média de 23 ± 2ºC, não sendo registrada a umidade relativa do ar.

3.2 Eflorescência

O ensaio de eflorescência foi realizado utilizando a metodologia da Norma ASTM C 67 (1992) e do trabalho de Bezerra et al. (2012). O material e molde empregados foram adaptados da norma, visto que a mesma é aplicada apenas para materiais cerâmicos. Foi utilizado 5 pares de corpos de prova cilíndricos com dimensões de 5 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento, sendo um corpo de prova submetido ao ensaio e outro permanecendo em repouso para comparação de resultados. Para análise foram imersos durante 7 dias em água, em um recipiente impermeável, até uma altura de 2,54 cm, sendo reposto diariamente a água absorvida. Após o período determinado foram colocados em estufa por 24 horas para secagem a uma temperatura de 110ºC. Depois da secagem foi analisado visualmente os resultados de eflorescência.

3.3 Coloração

Com o objetivo de avaliar o comportamento colorimétrico da argamassa com as porcentagens de resíduos incorporados, foi utilizado o método indicado pelo Ibracon, que avalia a cor do corpo de prova, conforme sua intensidade, de acordo com a palheta de cores. Esta palheta é apresentada juntamente com os resultados.

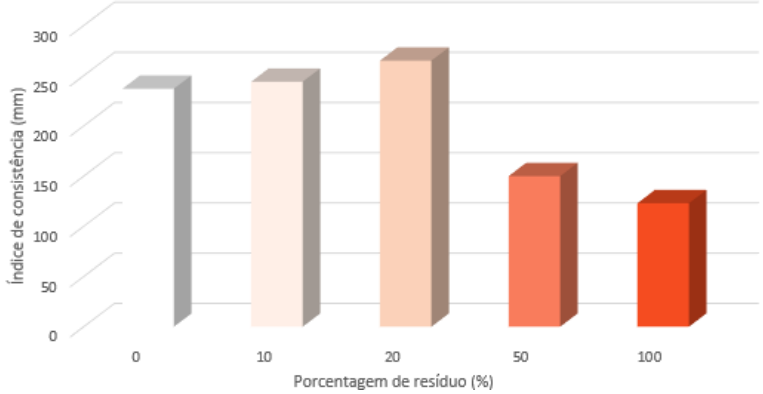
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados dos ensaios preliminares da argamassa colorida como índice de consistência, resistência à tração na flexão, resistência à compressão, eflorescência e coloração. A discussão dos resultados encontrados nos ensaios preliminares propõe avaliar a influência da incorporação de resíduos nas propriedades da argamassa.

4.1 Índice de consistência

Na Figura 3 são apresentados os resultados do índice de consistência das argamassas incorporadas com resíduos de cerâmica vermelha nos teores de 0%, 10%, 20%, 50% e 100%.

Figura 3. Resultados do índice de consistência normal da argamassa.



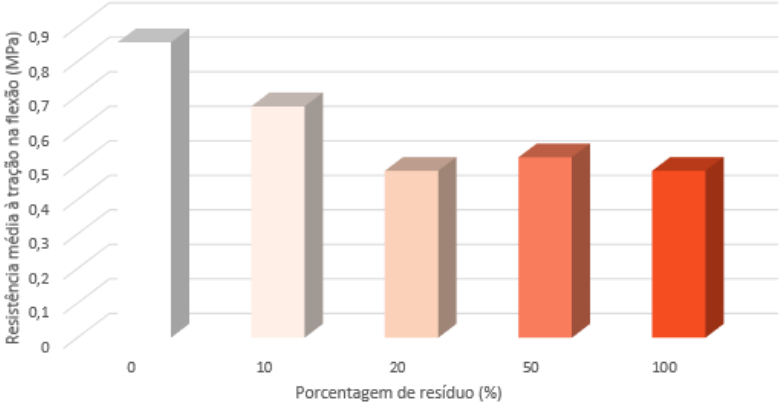
Fonte: autores (2016).

Ao analisar a Figura 3, percebe-se que para incorporações de até 20% houve uma tendência de aumento da consistência da argamassa, gerando melhor trabalhabilidade e argamassas com maior fluidez. Esse resultado se origina pelo efeito dos fílers na argamassa, onde os fílers atuam como lubrificantes na argamassa até certos teores, ajudando na retenção de água e promovendo um melhor deslizamento entre os grãos. Já para teores superiores a 20% houve uma diminuição da consistência resultando em argamassas pouco trabalháveis. Segundo Alcantara (2015), isso pode ser explicado em função da alta absorção de água devido ao alto teor de resíduo de cerâmica vermelha. Que devido a sua característica geométrica e por estar sendo incorporado em altos teores pode vir a reduzir significativamente a consistência da argamassa.

4.2 Resistência à tração na flexão

A Figura 4 demonstra os valores médios das resistências à tração na flexão da argamassa aos 14 dias, sendo incorporadas em relação ao volume do agregado miúdo, com a incorporação de resíduos de cerâmica vermelha nos teores de 0%, 10%, 20%, 50% e 100%.

Figura 4. Resultados das resistências médias à tração na flexão.



Fonte: autores (2016).

Analisando a figura anterior, nota-se uma tendência de queda da resistência à tração na flexão para todas os percentuais de incorporações de resíduo, verifica-se a influência do resíduo nos resultados do ensaio, diminuindo em até 44% a resistência à tração na flexão para as argamassas com incorporações quando comparadas com a argamassa de referência. Seguindo uma tendência já apontada por Mantovani (2014), que utilizou resíduos de lodo de fosfatização e o mesmo obteve comportamento similar, o autor argumentou que com o aumento de incorporação de resíduo, o corpo de prova tem tendência a uma queda de resistência.

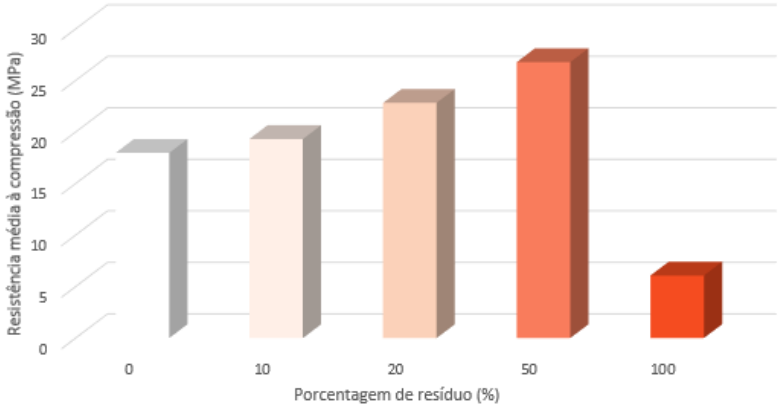
A partir dos valores médios das resistências à tração na flexão foi verificado que todas as incorporações se enquadram na classe R1 segundo a ABNT NBR 13281(2005), visto que todas as incorporações apresentaram resistências menores que 1,5 MPa. Os resultados encontrados mostram valores relativamente baixos, porém, enquadram-se dentro da norma, necessitando a incorporação de alguma fibra para melhorar a resistência à tração na flexão.

4.3 Resistência à compressão

Os valores médios das resistências à compressão da argamassa aos 14 dias, incorporada com resíduos de cerâmica vermelha nos teores de 0%, 10%, 20%, 50% e 100%, estão representados na Figura 5.

Pela análise desses resultados, nota-se uma tendência de aumento da resistência à compressão para teores de até 50% de incorporação, chegando a um aumento de 48% quando comparado ao traço referência. O aumento na resistência pode ter ocorrido em função da composição dos grãos do resíduo juntamente com os grãos da areia natural que formam uma curva granulométrica com melhor distribuição e maior empacotamento dos grãos, gerando menores espaços vazios, tornando-as mais densas e consequentemente com maiores resistências mecânicas. Alcantara (2015) argumenta que tal fato ocorre devido ao efeito fíler das partículas de cerâmica vermelha.
Já no teor de 100% percebe-se uma queda na resistência, que pode ser explicado devido à alta incorporação de resíduo na mistura, gerando uma curva granulométrica descontínua com alto índice de vazios, com grãos de área superficial maior que demandariam maior quantidade de água na mistura. Como o traço foi fixo, consequentemente obtiveram-se argamassas muito secas, com baixa trabalhabilidade e porosas, gerando resistências mecânicas baixas comparadas com as demais argamassas analisadas.
A partir dos valores médios das resistências à compressão foi verificado que as incorporações de 0%, 10%, 20% e 50% se enquadram na classe P6, já que possuem resistência superior a 8 MPa, a incorporação de 100% pertence à classe P4 com resistência entre 4 e 6,5 MPa, segundo a ABNT NBR 13281(2005). Em relação aos resultados encontrados nota-se que a argamassa apresentou altas resistências podendo ser utilizada com fins estruturais como argamassa de assentamento.

Figura 5. Resultados das resistências médias à compressão.

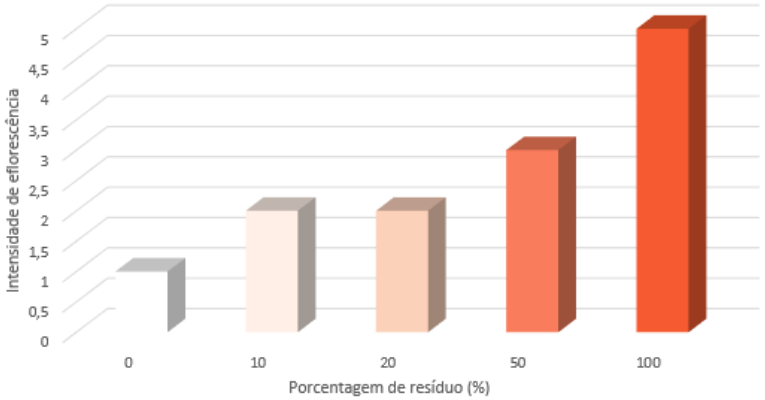


Fonte: autores (2016).

4.4 Eflorescência

Na Figura 6 são apresentados os resultados de intensidade e eflorescência de cada corpo de prova, sendo classificados em uma escala de 0 a 6, onde 0 representa a ausência de eflorescência e 6 a presença elevada de eflorescência.

Figura 6. Intensidade de eflorescência dos corpos de prova.



Fonte: autores (2016).

Analisando os resultados obtidos, percebe-se que houve uma tendência a aumento da ocorrência de eflorescência na argamassa, chegando a aparecer em intensidades elevadas nas incorporações a partir de 50%. Segundo Bezerra et al. (2012), esse aumento pode ser explicado devido à alta quantidade de sais solúveis que os materiais cerâmicos possuem, que ao serem incorporados em grandes quantidades podem vir a serem expostas na argamassa devido ao processo de cavitação da água apresentar manchas brancas na argamassa, apresentando manchas na superfície do material. A partir dos resultados encontrados pode ser verificado que até os teores de 20% a manifestação patológica não é prejudicial para a argamassa, já para teores superiores é necessário um tratamento superficial para evitar a percolação da água.

4.5 Coloração

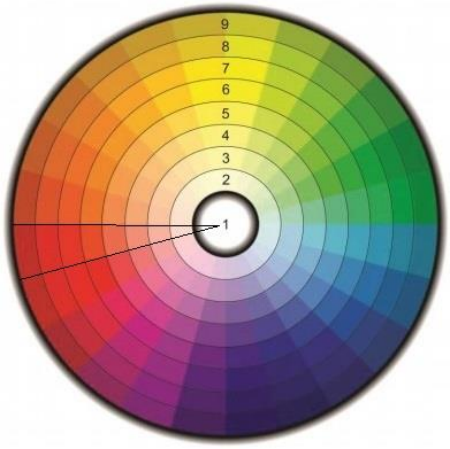
A partir de inspeção visual foi determinado a faixa de cores em que os corpos de prova da Figura 7 se enquadravam melhor na palheta de cores (Figura 8), e assim foi possível verificar a intensidade de cor de cada porcentagem de incorporação como mostra a Figura 9.

Figura 7. Amostras com incorporações de 0 a 100%, da esquerda para direita, aos 91 dias.



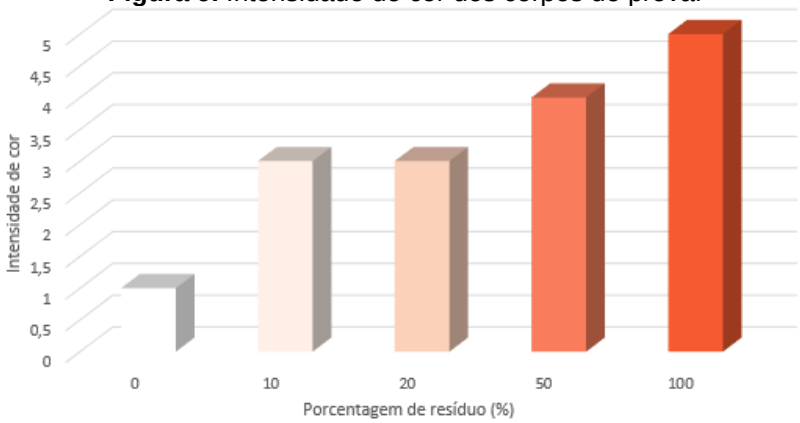
Fonte: autores (2016)

Figura 8. Faixa de cor em que os corpos de prova se enquandram na palheta de cores.



Fonte: Ibracon (2016).

Figura 9. Intensidade de cor dos corpos de prova.



Fonte: autores (2016).

O aumento no teor de resíduo incorporado influência as características colorimétricas finais, mostrando que o resíduo de cerâmica vermelha tem potencial como pigmento para argamassas, necessitando mais estudos. Porém, analisando os resultados individuais das amostras após 91 dias moldados, percebe-se que apenas as incorporações de 50% e 100% apresentaram colorações adequadas para serem empregadas como pigmento em argamassas, após o período total de hidratação do cimento. Segundo Alcantara (2015) esse resultado é esperado, visto que para baixos teores de incorporação o resultado colorimétrico atingido não atende as exigências de mercado.

5. CONCLUSÃO

Para o ensaio no estado fresco a argamassa apresentou aumento de consistência para teores de até 20%, gerando uma argamassa mais fluída, para incorporações mais altas o resíduo provocou perda de trabalhabilidade.

No ensaio de resistência à tração na flexão os corpos de prova apresentaram uma tendência à diminuição da resistência, chegando a reduzir até 44% na incorporação de 100% de resíduo, podendo ser justificado pela queda de consistência e aumento da porosidade da amostra.

Analisando os resultados encontrados no programa experimental e comparando com a revisão da literatura, foi possível verificar que para teores de até 50% de incorporação de resíduo a resistência à compressão da argamassa apresentou melhora, mostrando a eficiência da incorporação do resíduo, já para teores acima de 50% a argamassa apresentou quedas de resistência à compressão. Sendo o teor de 50% a incorporação que apresentou melhor resistência à compressão.

O ensaio de eflorescência apresentou baixa ocorrência de patologia até os teores de 20%, necessitando o tratamento superficial caso seja incorporado teores mais altos.

O resíduo de cerâmica vermelha se mostrou com potencial para uso como pigmento em argamassas com teores acima de 20%, porém, ressalta-se a necessidade de mais estudos para análise da coloração após um maior intervalo de tempo.

Com o objetivo de avaliar a influência do resíduo de cerâmica vermelha nas propriedades da argamassa, o trabalho apresentou, através dos resultados, uma tendência à reutilização do resíduo como pigmento. Mas o estudo ainda é insipiente, necessitando de mais análises para comprovação dos resultados finais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTRA, P. S.X. **Blocos intertravados coloridos para pavimentação com incorporação de resíduos de cerâmica vermelha em prol da redução de pigmento.** Dissertação (Mestrado), Centro Acadêmico do Agreste – Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco – Caruaru. 2015.

AMERICAN SOCIETY TESTING AND MATERIALS. **ASTM C-67-92a.** Standard test methods of sampling and testing brick and structural clay tile. Philadelphy, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13276: 2005.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____. ABNT. **NBR 13279: 2005.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. ABNT. **NBR 13281: 2005.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

BEZERRA, A. P. L; BARBOZA, J. S; PAIVA, T. F. F; FERREIRA, T. S. S. S; RIBEIRO, I. J. C. **Ensaio de eflorescência baseado na norma da ASTM C 67-92a.** In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., Palmas, 2012.

COELHO, F.C.A. **Variación del color y textura de hormigones vistos con adcion de pigmentos inorgánicos, sometidos a distintos estados de exposión ambiental.** Tese (Doutorado em Ingeniero de Caminos Canales y Puertos). Universidad Politécnica de Madrid, U. P. MADRID. Espanha. 2001.

EZZELDIN, A. S. Y. **Properties of pigmented concrete.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Departamento de Construção, Arquitetura e Engenharia. Universidade Americano no Cairo, Egito. 2013.

IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. **Concurso Concreto colorido de alta resistência – Cocar 2016.** Disponível em <http://ibracon.org.br/eventos/58cbc/REGULAMENTO_COCAR2016.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2016.

JUNIOR, A. N. **Avaliação da resistência à compressão de concreto utilizando adição de resíduos de cerâmica vermelha.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Departamento de Tecnologia. Universidade Estadual de Feira de Santana – Feira de Santana. 2011.

KIRCHHEIM, A. P. **Concreto de cimento Portland branco estrutural: avaliação da carbonatação e absorção capilar**.154 f. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

MANTOVANI, F. **Viabilidade do uso de lodo de fosfatização como pigmento em matriz de cimento Portland branco.** São Leopoldo, 2014. 161 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2014.

PASSUELO, A. **Análise de parâmetros influentes na cromacidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre. 2004.

PIOVESAN, A. Z. **Estudo sobre a influência da adição de pigmentos em propriedades de durabilidade e na cromacidade do concreto de cimento Portland branco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - [S.l.]. 2009.

TUDORA, G. Essential characteristics of exposed concrete nowadays. **Buletinul Institutului Politchnic din Iasi**, p. 177–183, 2011.

178. INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONFECÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PERMEÁVEL PARA PAVIMENTAÇÃO

AVILA, Newton[*1] (newton@feevale.br); JUNG, Junior[1] (juniorjung@feevale.br); ARNOLD, Daiana[1] (daim@feevale.br); SILVA, Adriana[1] (adrianat@feevale.br), SILVA, Cassio[1] (cassiosilvasilva@hotmail.com); LANGE, Leticia[1] (lelange.1919@gmail.com);*
[1]Universidade Feevale (FEEVALE), Brasil
**NEWTON AVILA*

RESUMO:
O uso de pavimentos pouco permeáveis ou impermeáveis em vias e passeios traz consequências negativas tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade. Como as águas não conseguem percolar adequadamente por esses pavimentos, não há uma boa reposição aquífera dos lençóis freáticos e há um aumento do volume a ser escoado pelo sistema pluvial urbano. Pavimentos permeáveis têm se mostrado uma opção favorável na solução destes problemas, pois possibilitam a infiltração da água, auxiliando consideravelmente na diminuição do escoamento das águas superficiais, permitindo que o solo tenha uma maior captação destas, amenizando os problemas das cheias e recarregando o lençol freático, tornando-se um material que colabora para reduzir a problemática ambiental e social. Neste sentido, este trabalho apresenta os resultados de ensaios realizados em blocos de concreto com adição de resíduo e com vazios planejados, a fim de verificar a capacidade drenante e os efeitos gerados tanto pelos vazios como pelo resíduo em relação à resistência à compressão de tais blocos. Para tal, foram moldados blocos prismáticos para pavimentos, com e sem a utilização de resíduo de concreto moído, nos quais foram gerados vazios, ainda com o concreto no estado fresco. Estes foram ensaiados quanto à resistência à compressão e à permeabilidade com carga variável. Com a avaliação dos resultados encontrados, foi possível perceber que os blocos apresentaram uma boa capacidade drenante, bem como que houve pouca variação na resistência à compressão em relação aos vazios gerados e ao uso do resíduo. Não obstante, ainda são necessários maiores estudos para verificar o real potencial de uso deste material.
Palavras-chave: Pavimentos permeáveis; Resíduo de concreto; Drenagem urbana.

INCORPORATION OF WASTE IN THE MANUFACTURING OF PERMEABLE CONCRETE BLOCKS FOR PAVING

ABSTRACT
The use of poorly permeable or impermeable pavements on roadways and sidewalks has negative consequences for both environment and society. As the water cannot percolate appropriately those pavements, there is no good replenishment of the aquifer and there is an increase in the volume to be drained by the urban storm system. Permeable pavements have been shown to be a favorable option in the solution of these problems, since they allow the water infiltration, considerably aiding in the reduction of the runoff of the surface waters, allowing the soil to have a greater caption of these, reducing the flood problems and recharging the water table, becoming a collaborative material to reduce environmental and social problems. In this sense, this work presents the tests results performed with concrete blocks with addition of residues and planned voids, in order to verify drainage capacity and effects generated by both voids and waste in relation to the compressive strength of such blocks. For this, prismatic blocks for pavements were molded, with and without the use of ground concrete residue, in which were generated voids, yet with concrete in fresh state. These were tested for compressive strength and permeability with variable load. With the evaluation of the found results,

it was possible to notice that the block had a good draining capacity, as well little variation in the compressive strength in relation to the voids generated and to the use of waste. Therefore, further studies are needed to verify the real potential of this material.
Keywords: Permeable pavements; Concrete waste; Urban drainage.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento dos centros urbanos a partir do século XX ocorreu de forma acelerada, gerando impactos aos ecossistemas terrestre, aquático e a própria população. Tal fato fez com que alguns aspectos importantes, como o desenvolvimento sustentável e o planejamento urbano, não fossem devidamente considerados, resultando em várias situações que afetaram negativamente a qualidade de vida nas cidades (TUCCI, 2005).
Acioli (2005), se referindo mais especificamente aos problemas gerados pela inadequada drenagem urbana, cita o “Plano Diretor de Drenagem Urbana” como importante ferramenta para auxiliar na solução de situações relacionadas a esse assunto, ressaltando o uso de pavimentos permeáveis como equipamento importante para devolver ao solo sua captação aquífera natural. Conforme a NBR 16416 (ABNT, 2015), pavimentos permeáveis são equipamentos que, simultaneamente, devem atender a condições de rolamento, de solicitações de esforços mecânicos e permitir a percolação e/ou acumulo temporário de água. Para Sales (2008) o uso desse tipo de equipamento acarreta em benefícios sociais e ambientais, citando como exemplos a diminuição das enchentes urbanas, a reposição dos lençóis freáticos, entre outros. Tucci (2005) destaca o aspecto econômico, afirmando que a utilização desses equipamentos é mais barata em relação às medidas, muitas vezes estruturais, tomadas para amenizar tais problemas.
No Brasil, essa e outras técnicas de controle hidrológico, alternativas às convencionais, têm conquistado espaço, não obstante, ainda há necessidade de se ampliar os estudos, principalmente no que tange a relação resistência/permeabilidade, visto que esta é inversamente proporcional (BATEZZINI, 2013).
Por outro lado, temos a problemática ambiental imposta pela grande geração de resíduos. O consumo desenfreado e a falta de avanço tecnológico implicam na grande quantidade de rejeitos dispostos de forma irregular, impactando diretamente o ser humano. Os processos produtivos atuais frequentemente geram um grande volume de rejeitos, muitas vezes causando danos ambientais irreversíveis (ALTOÉ; ARANCIBIA; MARTINS, 2011). Na construção civil, por exemplo, um grande volume de material é descartado. Segundo Menezes, Pontes, Afonso (2011), além desta empregar de 20% a 50% do total dos recursos naturais utilizados pela humanidade, também é responsável por mais de 50% da geração de rejeitos sólidos. Só no Brasil, cerca de 68 milhões de toneladas de RCD[1] são produzidos por ano, sendo que o descarte de concreto representa aproximadamente 13% desse total. O concreto é necessário para construções tradicionais, que são as mais aplicadas atualmente, todavia, muitas sobras são geradas tanto nas indústrias onde ele é confeccionado como em demolições, acarretando consequências ambientais e econômicas.
Assim, espera-se que este estudo contribua especialmente nos aspectos supracitados, propondo o desenvolvimento de blocos de concreto permeáveis, com vazios 100% eficazes e com a incorporação de resíduo, visando uma permeabilidade e resistência adequadas.

[1] RDC: Resíduo de construção e demolição.

2. OBJETIVO

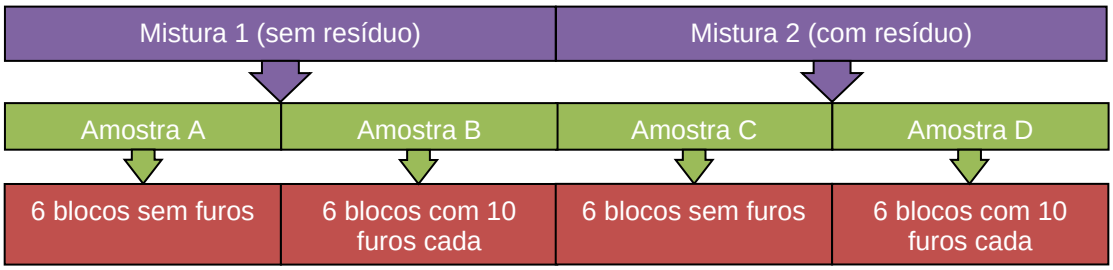
O objetivo geral desta pesquisa é a incorporação de resíduo de concreto na confecção de blocos de concreto permeável.
Os objetivos específicos são:

- Avaliar a influência do resíduo de concreto nas propriedades dos blocos durante os estados fresco e endurecido;
- Avaliar o atendimento aos requisitos mínimos de resistência e permeabilidade descritos na NBR 16416 (ABNT, 2015), para tráfego leve.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Os ensaios foram realizados no laboratório de construção civil da Universidade Feevale, onde foram confeccionados corpos de prova prismáticos com e sem resíduo de concreto, com e sem vazios programados. Todo o processo foi desenvolvido buscando atender a resistência prescrita na NBR 16416 (ABNT, 2015) para utilização em tráfego leve.
A Figura 1 expõe a quantidade de blocos que foram moldados, seguindo os critérios de amostragem mínima exigidos pela norma técnica NBR 9781 (ABNT, 2013), também apresenta a quantidade de furos de cada corpo de prova.

Figura 1. Relação dos corpos de prova moldados.



Fonte: autores (2016).

3.1 Materiais

Para moldagem dos corpos de prova foram utilizados: água da rede pública de abastecimento de Novo Hamburgo; Cimento Portland CPV-ARI-RS, por ser capaz de adquirir alta resistência inicial e ser resistente a sulfatos, o que é importante especialmente para concretos sujeitos a ação direta da água; agregados miúdos e graúdos, adquiridos em uma concreteira industrial da região de Novo Hamburgo, sendo a areia com diâmetro máximo de 2,4mm, e a brita com diâmetro máximo de 12,5mm, com uma curva granulométrica contínua; e resíduo de concreto obtido de corpos de prova cilíndricos descartados por indústrias de concreto da região. Este material foi moído manualmente com marreta, peneirado na peneira de malha 1,2mm (figura 2) e utilizado em substituição a 5% do agregado miúdo.

Figura 2. Preparo do resíduo



Fonte: autores (2016).

3.2 Dosagem

A dosagem foi determinada com base na literatura[2] sobre a confecção de concreto para pavimentação. O traço resultante é semelhante ao que geralmente é utilizado por indústrias de blocos de concreto intertravados.

O traço utilizado foi de 1:4,65 com relação a/c de 0,45. A Tabela 1 detalha o consumo, em massa, dos materiais utilizados.

Tabela 1. Consumo de materiais

MATERIAIS	MISTURA 1	MISTURA 2
Cimento (Kg/m³)	400	400
Agregado (Kg/m³)	1862	1805
Água (Kg/m³)	180	180
Resíduo (Kg/m³)	-	57

Fonte: autores (2016).

3.3 Moldagem e cura

Para moldagem dos corpos de prova foram utilizadas formas poliméricas com superfícies lisas, obedecendo às medidas estabelecidas na NBR 9781 (ABNT, 2013).

A distribuição dos vazios foi pré-determinada, de maneira que os furos ficaram a 33 mm uns dos outros e das bordas dos blocos, com o intuito de evitar locais com planos de fraquezas mais concentrados. A ferramenta utilizada para tal foi o software AutoCad (Autodesk) versão 2015.

Os materiais utilizados para gerar os vazios foram pregos metálicos de 5mm de diâmetro, revestidos por filme de PVC transparente e acoplados previamente às formas (Figura 3), gerando áreas vazadas no concreto ainda no estado fresco, durante a moldagem.

Figura 3. Preparação das formas.



Fonte: autores (2016)

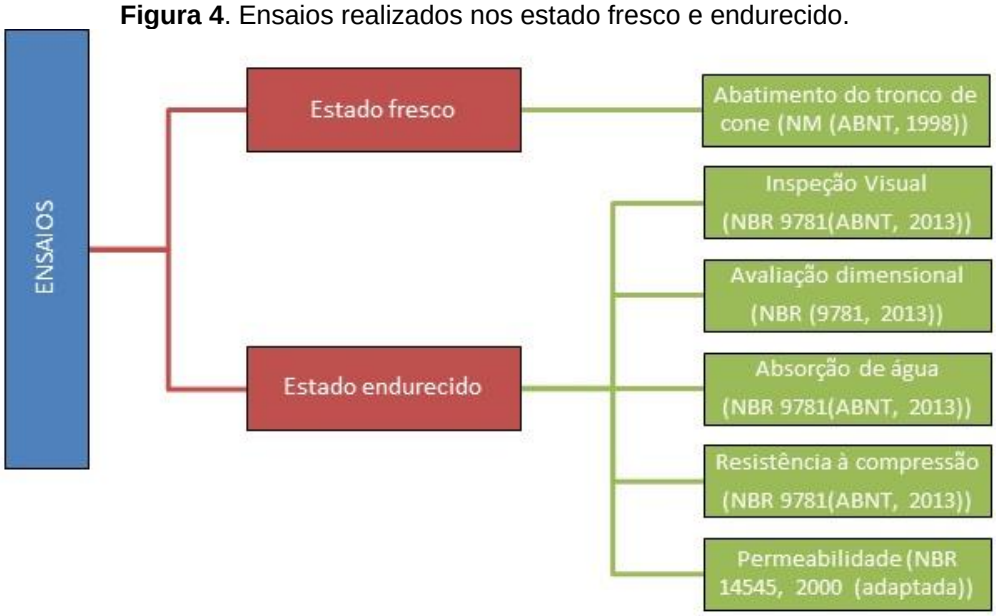
[2] Materiais para pavimentos de concreto simples, (PITTA, 1999).

A preparação dos materiais e a mistura do concreto foram realizadas em betoneira, conforme descrito na NBR 12655 (ABNT, 2015).
O abatimento do tronco de cone foi inferior a 60 mm, portanto, os blocos foram vibrados mecanicamente, conforme NBR 5738 (ABNT, 2016). Para o processo de vibração foi utilizado um agitador de peneiras, selecionando-se a velocidade de 70Hz, durante 4 minutos, atendendo assim aos parâmetros exigidos pela NBR supracitada.
Os blocos foram desmoldados após 48 horas e imersos em água com cal, conforme preconiza a NBR 5738 (ABNT, 2016). Cabe salientar que, durante a retirada dos pregos, certa quantidade de filme ficou obstruindo, em parte, os vazios, sendo necessário realizar a limpeza dos orifícios.

3.4 Ensaios no estado fresco e endurecido

A Figura 4 apresenta um resumo dos ensaios realizados no estado fresco e no estado endurecido das amostras analisadas.

Figura 4. Ensaios realizados nos estado fresco e endurecido.



Fonte: autores (2016).

3.4.1 Permeabilidade
Para a realização do ensaio de permeabilidade foi utilizado um permeâmetro de carga variável. O equipamento foi montado artesanalmente, conforme descrito no relatório de ensaio n° 75870, (ABCP[3]), seguindo o mesmo princípio do permeâmetro de carga variável utilizado para solos, descrito na NBR 14545 (ABNT, 2000). Tal equipamento foi adaptado para realização do ensaio nos blocos prismáticos. Basicamente o permeâmetro é composto por um recipiente com capacidade de armazenar água, um espaço abaixo deste, onde a amostra deve ser inserida, uma saída canalizada com um registro para fechamento da circulação de água e uma régua graduada, conforme Figura 5.

[3] ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland.

Figura 5. Permeâmetro de carga variável.



Fonte: autores (2016)

Passados dez dias da moldagem dos corpos de prova, o bloco foi inserido no permeâmetro, sendo aplicado silicone nas bordas do recipiente que o acolheu, de tal forma que a água não se infiltrasse pelas laterais da amostra, percolando somente pelos vazios gerados. Após o tempo necessário para que o silicone secasse, foi adicionada água, de maneira que o bloco ficasse completamente imerso, na sequência fechou-se o registro e adicionou-se água até uma altura de 290 mm, o registro então foi aberto e marcou-se o tempo decorrido para a coluna de água baixar 220 mm. O processo foi realizado em 3 blocos, 3 vezes em cada bloco, buscando um certo grau de segurança nos resultados. Para calcular o coeficiente de permeabilidade foi utilizada a equação abaixo, de acordo com a Lei de Darcy.

$$K = \frac{A_1 x L}{A_2 x t} \log \frac{h_1}{h_2}$$

Onde K é o coeficiente de permeabilidade, expresso em m/s, A_1 é a área da seção da amostra, A_2 a área interna do recipiente que armazena a água, ambos expressos em m², L é a espessura da amostra em m, t o tempo para a coluna de água baixar 220 mm, em s, h_1 é a altura inicial da coluna de água e h_2 é a altura final da coluna de água, ambas as medidas expressas em m.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O abatimento do tronco de cone da mistura 1, sem resíduo, foi de 15 mm e o da mistura 2, com resíduo, foi de 24 mm, ambos da classe S10, conforme NBR 8953 (ABNT, 2015). Tal resultado demonstra que houve uma variação na consistência, aumentando quando o resíduo foi incorporado. Apesar de o abatimento ser relativamente baixo, não foi prejudicial para a confecção dos blocos, uma vez que estes são pré-moldados e o adensamento foi realizado através de vibração mecânica.
Conforme figura 6, os blocos apresentaram arestas regulares, com aspecto homogêneo e sem defeitos, porém, devido ao tipo de forma utilizada, os ângulos das peças ficaram com 94° de inclinação e não com 90°, conforme preconiza a NBR 9781 (ABNT, 2013). Tal diferença não teve impacto significativo nos principais resultados que este trabalho se propôs a investigar.

Figura 6. Bloco pronto



Fonte: autores (2016)

A Tabela 2 apresenta a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação das dimensões dos blocos. Como é possível observar, a medida das peças ficou de acordo com o prescrito na NBR 9781 (ABNT, 2013), que preconiza uma variação não superior a ±3 mm. A única exceção ocorreu em relação à espessura dos corpos de prova, que em algumas peças, por problemas na moldagem, ficaram mais espessas do que 83 mm, porém, não houve diferenças relevantes no ensaio de resistência à compressão e para o ensaio de permeabilidade essas peças não foram utilizadas. Também foi possível observar que o uso do resíduo não interferiu na variação dimensional.

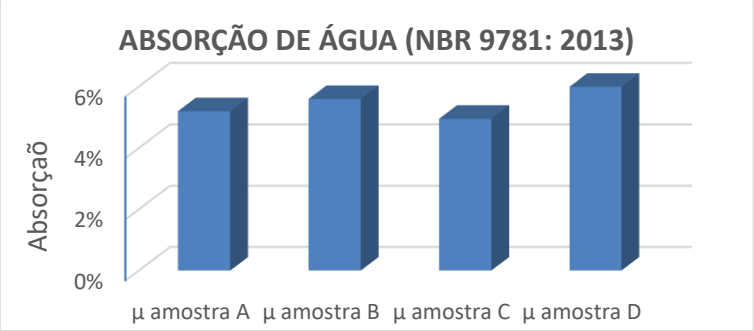
Tabela 2. Análise estatística dos resultados da avaliação dimensional

AMOSTRA A E B (SEM RESÍDUO)			
PARÂMETRO	**COMPRIMENTO**	**LARGURA**	**ESPESSURA**
μ	198,02	99,50	81,63
σ	0,58	0,552	1,95
cv (%)	0,29	0,56	2,39
AMOSTRA C E D (COM RESÍDUO)			
μ	198,31	99,64	81,80
σ	0,65	0,558	2,43
cv (%)	0,33	0,56	2,97

μ = *média;* σ = *Desvio padrão; cv = Coeficiente de variação.*
Fonte: autores (2016).

Para verificar a absorção da água foram escolhidos aleatoriamente 3 corpos de prova de cada amostra, o resultado é apresentado na Figura 7. Nota-se que todas as amostras ficaram de acordo com o especificado na norma, ou seja, absorvendo menos de 7% de água. Também se observou que as amostras que mais absorveram água foram as que possuíam o resíduo em sua composição. Isto ocorreu devido à utilização dos agregados reciclados e confirma a pesquisa de Tavares, Kazmierczak (2016).

Figura 7. Absorção de água



µ = média. Fonte: autores (2016)

O tipo de bloco criado para esta pesquisa pode ser melhor classificado como pavimento com áreas vazadas, mesmo assim, não encaixa-se perfeitamente na descrição deste, pois, geralmente estes blocos possuem grandes áreas vazadas, superiores a 5% da peça, que são preenchidas por outro tipo de material drenante. Já o bloco proposto por este estudo possui uma área vazada de aproximadamente 1% de escoamento livre, ou seja, não preenchido por nenhum outro material e uma abertura superficial correspondente a aproximadamente 3% do total de cada peça.
Uma vez que não foi encontrada norma que definisse claramente o tipo de ensaio a ser realizado para determinar a permeabilidade dos blocos, utilizou-se o ensaio do permeâmetro de carga variável. Os resultados dos ensaios realizados nos três corpos de provas estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Determinação do coeficiente de permeabilidade

AMOSTRA	TEMPO 1 (S)	TEMPO 2 (S)	TEMPO 3 (S)	µ (S)	k (m/s)
B5	25,45	26,15	25,52	25,71	$1{,}93.10^{-3}$
D3	33,45	33,75	33,00	33,40	$1{,}48.10^{-3}$
D6	24,51	25,45	25,19	25,05	$1{,}98.10^{-3}$

µ = *média; k = Coeficiente de permeabilidade da média. Fonte: autores (2016)*

Nota-se que a capacidade drenante dos blocos é alta, conforme NBR 16416 (ABNT, 2015), ou seja, superior a 10^{-3} m/s. Também observa-se que houve uma variação considerável no tempo de uma das amostras em relação às outras, tal fato pode ter ocorrido por alguma obstrução em algum dos vazios, devido ao processo de confecção e limpeza.
Os resultados dos ensaios de resistência à compressão estão representados na tabela 4. Como se observa, todas as amostras ficaram com resistência média superior a 35 MPa, satisfazendo o exigido em norma. A resistência à compressão estimada (fpk. est) foi exibida somente para as amostras sem furos (A e C), pois durante a moldagem dos corpos de prova com furos (B e D), algumas das peças tiveram seus orifícios deslocados, na hora da vibração, sendo totalmente desconsideradas para estes resultados. Também nota-se uma variação de resistência nos corpos de prova com furos em relação aos sem furos de, aproximadamente, 5%, de A para B e 1,5% de C para D, ou seja, conforme esperado a presença dos orifícios fragilizou as amostras, não obstante, tal enfraquecimento não foi tão expressivo. Outro aspecto, que é importante salientar, é o aumento da resistência ocasionado pelo uso do resíduo.

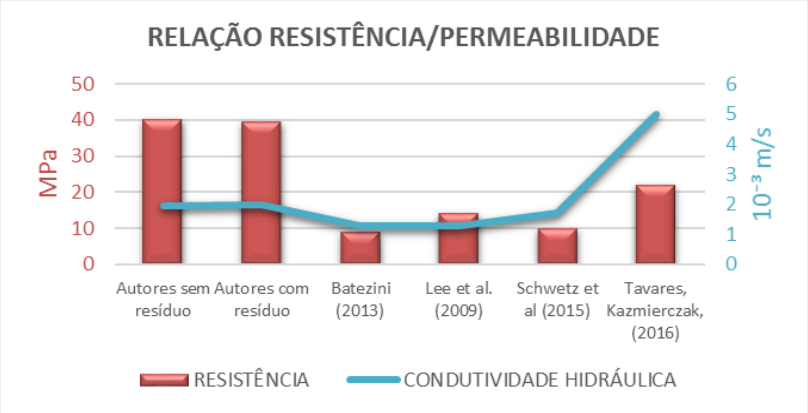
Tabela 4. Resistência à compressão

AMOSTRA	μ (MPa)	σ (MPa)	fpk. est (MPa)
A	38,82	2,65	36,38
B	36,67	2,87	-
C	39,70	2,61	37,30
D	39,09	0,45	-

μ = *média; σ = desvio padrão; fpk. est = Resistência compressão estimada. Fonte: autores (2016)*

A Figura 8 apresenta uma comparação dos resultados encontrados por essa pesquisa em relação à pesquisa de outros autores, no que tange à resistência à compressão e à permeabilidade de blocos de concreto poroso. Foram selecionados os maiores valores de resistência à compressão encontrados por estes autores, com uma permeabilidade acima de 10^{-3}.

Figura 8. Comparação de resultados



Fonte: autores (2016)

Conforme se observa, os corpos de prova propostos por este trabalho apresentaram uma relevante diferença, no que diz respeito à resistência à compressão, mantendo uma permeabilidade aceitável, demonstrando o potencial que este tipo de bloco pode vir a ter para auxiliar na solução de um dos principais problemas encontrados quando o assunto são blocos permeáveis, a saber, relação resistência/permeabilidade.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos são promissores, ainda que seja necessário dar continuidade às pesquisas. Em primeira análise, os blocos apresentaram potencial para uso tanto em passeios como para o trânsito de tráfego leve. O coeficiente de permeabilidade e a resistência à compressão observados atenderam o especificado na normativa pertinente, mesmo com a utilização de resíduo. A possibilidade do uso desse tipo de bloco pode ser de grande vantagem para a sustentabilidade, auxiliando no controle hidrológico mais próximo à fonte e reaproveitando rejeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLI, L. A. Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte. Porto Alegre, 162 p., 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do sul.

ALTOÉ, S. P. S.; ARANCIBIA, C.E.M; MARTINS, C.H. Estudo da potencialidade da utilização da mistura de cinza de bagaço de cana de açúcar e resíduos de pneus na confecção de concretos e pavers para pavimentação. VII Encontro Internacional de Produção Científica. p 1, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS - ABNT. **NBR 5738.** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

_____. ABNT. **NBR 16416**. Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

_____. ABNT. NBR 9781. Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. ABNT. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

_____. ABNT. **NBR 14545**. Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. Rio de Janeiro, 2000.

_____. ABNT. **NBR NM 67**. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. ABNT. **NBR 8953**. Concreto – Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

BATEZINI, R. Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves. São Paulo, 133 p., 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

LEE, M. G.; CHIU, C. T.; KAN, Y. C.; YEN, T. Experimental Study of Pervious Concrete on Parking Lot. GeoHunan International Conference – Material Design, Construction, Maintenance, and Testinf of Pavements. V 193, n. 20, p. 125-131, 2009.

JUNIOR, Celso Geraldo Sernaglia; BATTAGIN, Arnaldo Forti. Relatório de ensaio n° 75870. São Paulo: ABCP, 2012. 4 p.

MENEZES, M. S.; PONTES, F.V.M.; AFONSO, J.C. Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição. Revista de Química Industrial. A. 79, n.733, p 17-20, 2011.

PITTA, Márcio Rocha; CARVALHO, Marcos Dutra; RODRIGUES, Públio Penna Firme. Materiais para pavimentos de concreto simples. São Paulo: ABCP, 1999. 165 p.

SALLES, T. L. Pavimento permeável com superfície em blocos de concreto de alta porosidade. Florianópolis, 188 p., 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

TAVARES, L. M.; KAZMIERCZAK, C.S. Estudo da influência dos agregados de concreto reciclado em concretos permeáveis. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais. V. 9, n.1, p 83-90, 2016.

TUCCI, C.E. M. Saneamento para todos. Sec. Nacional de Saneamento Ambiental. p 17, 2005.

SCHWETZ, P. F.; SILVA, L. C. P. F.; LINHARES, V.; LORENZI, A.; FERREIRA, L. Z.; PARISOTO. M. Concreto permeável: Otimização do traço para pavimentação de fluxo leve. CONPAT, 2015.

185. SOLO-CIMENTO: AVALIAÇÃO QUANTO À SUSTENTABILIDADE E HABITABILIDADE SEGUNDO A NBR15.575

GIORGI, Priscila.[1](prigiorgi@hotmail.com); GRIGOLETTI, Giane de C.[2] (giane.c.grigoletti@ufsm.br); LIMA, Rogério C. A. de[2](rogerio@ufsm.br)*
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Brasil
[2]Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Com a crise internacional do petróleo, na década de 1970, materiais utilizados até então, como concreto, aço e vidro, passam a ser vistos como de grande consumo energético. A sociedade começa a buscar edificações com menor impacto possível, que, entre outras vantagens, usem materiais com potencial de reincorporação na natureza e tenham baixo conteúdo energético. A terra crua pode ser uma alternativa para atingir esses objetivos. O solo-cimento é um material curado sem queima, composto de terra crua prensada e estabilizada com cimento, já normatizado pela ABNT, com vantagens que vão desde a fabricação até sua utilização no canteiro de obras. Para melhor aceitação é necessário que se conheça suas propriedades e seu desempenho. Este artigo apresenta a avaliação de desempenho de um sistema de vedação vertical externo e interno composto por blocos de solo-cimento sem função estrutural para habitações de interesse social térreas, seguindo determinações da NBR 15.575, com foco em habitabilidade e sustentabilidade. Como exigência de habitabilidade, analisou-se o fator estanqueidade, com a realização dos ensaios de estanqueidade à água da chuva e permeabilidade à água. E, como exigência de sustentabilidade, analisou-se os fatores durabilidade e manutenibilidade, com a realização do ensaio de ação de calor e choque térmico. O sistema atendeu aos limites estabelecidos pela norma nos ensaios de estanqueidade à água da chuva e ação de calor e choque térmico, o que não ocorreu no ensaio de permeabilidade à água, no qual o sistema não atendeu às exigências. Através dos resultados dos ensaios, verificou-se que o sistema de vedação vertical composto por blocos vazados de solo-cimento possui grande potencial para aplicação na construção, mas ainda há a necessidade de mais estudos sobre o sistema.
Palavras-chave: solo-cimento; desempenho; sustentabilidade; habitabilidade.

SOIL-CEMENT: EVALUATION IN ACCORDANCE WITH NBR 15575 FOR SUSTAINABILITY AND HABITABILITY

ABSTRACT
With the international oil crisis in the 1970s, materials used until that time such as concrete, steel and glass, began to be seen as energy-intensive materials. Society began to seek buildings with minimal environmental impact, using materials that generate a smaller amount of energy, waste and pollution and emissions in the atmosphere and provide greater potential for reincorporation into nature. In this scenario, raw soil as a building material has become an alternative for the development of sustainable buildings, but also to improve the livability of housing for the low-income population in the country. Among various construction materials, raw soil-cement, which is cured without burning, is raw soil pressed and stabilized with Portland cement, which is already regulated by the Brazilian Technical Standards Association (ABNT) and possesses many advantages related to its manufacturing and use. To increase its acceptance and verify its efficiency as a building material for

social housing, it is necessary to investigate its properties and performance. Thus, the present study aimed to evaluate the performance of an external vertical sealing system composed of soil-cement blocks without structural function for social housing, following determinations of NBR 15575, focusing on the requirements of habitability and sustainability. The habitability requires the heat action and thermal shock test. Firstly, using the particle size analysis and liquid limit and plastic limit test, to characterize the compostion of the ground on which the block was used. The bodies-of-proof were tested in research laboratory and consisted of two full scale walls. The system met limits set by standards for tightness against rainwater and heat action and thermal shock, but not for permeability to water. The vertical sealing system composed of hollow blocks of soil-cement has great potential for application in the construction of social housing, but there is still a need for more studies on the system.
Keywords: soil-cement; performance; sustainability; habitability.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil consome mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta, além de grande quantidade de energia na sua produção e seu transporte (CBCS, 2014, p. 73). Segundo Melo et al. (2011), a produção do cimento Portland exige temperaturas de 1.450°C e os tijolos cerâmicos, 1.000°C. Materiais menos demandantes de energia são uma alternativa para se atingir soluções mais sustentáveis para a construção civil, como é o caso da terra crua e suas variantes (MELO et al., 2011, p. 112).

1.1 Solo-cimento como material de construção

O solo-cimento é um material já normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), possuindo vantagens que vão desde a fabricação até sua utilização no canteiro de obras. Proporciona redução no consumo de energia, principalmente por dispensar o processo de queima; redução da necessidade de transporte do produto, pois a terra local pode ser utilizada; e redução de resíduos na obra, além de, ao final da vida útil, poder ser mais facilmente incorporado no ambiente natural. Além disso, em geral, os equipamentos utilizados na sua produção são simples e de baixo custo, não necessitando de mão de obra qualificada (MELO et al., 2011).

No entanto, ainda é necessário comprovar sua adequação em relação ao desempenho. Como o solo varia muito de local para local (PONTE, 2012, p. 29), é importante desenvolver-se uma cultura de avaliação de desempenho do material, com testes apropriados, para proporcionar seu uso de forma segura e eficaz, desmistificando sua imagem de material de baixa qualidade.

Para a escolha da técnica construtiva adequada, é necessário o conhecimento da composição do solo e de suas propriedades, ou seja, composição granulométrica, plasticidade, retração, umidade e compactação (PONTE, 2012). Para tal, vários testes já estão consolidados e podem ser divididos em dois grupos básicos: ensaios de campo e ensaios laboratoriais (NEVES et al., 2010; TORGAL; JALALI, 2010).

O solo-cimento, segundo a NBR 10.833 (ABNT, 2013a), é a mistura homogênea composta de solo, cimento Portland e água em proporções estabelecidas por norma, que é compactada através de uma prensa e endurecida, sem a necessidade de queima. O processo de fabricação dos tijolos constitui-se basicamente de preparação do solo, preparo da mistura, moldagem, cura e armazenamento.

Para a dosagem dos componentes da mistura, a NBR 10.833 (ABNT, 2013a) recomenda a preparação de três traços diferentes de solo-cimento, bem como a moldagem de 20 blocos maciços ou vazados para cada um deles. Após a cura dos elementos, que leva no mínimo 14 dias, e com a

manutenção deles úmidos nos primeiros 7 dias, eles devem ser enviados para análise laboratorial, para determinação da resistência à compressão e da absorção de água. O preparo da mistura pode ser realizado de forma manual ou mecânica, e pode-se incorporar outros materiais à mistura, como rejeitos industriais. As características do material resultante podem variar devido aos seguintes fatores: “a dosagem do cimento, a natureza do solo, o teor de umidade e o grau de compactação.” (LIMA, 2013, p. 11).

O solo-cimento é um material de grande potencial para aplicação na construção de habitações populares, pois, de acordo com a ABCP (1986), permite a redução dos custos em até 40%, já que o material empregado em maior quantidade é o solo. Cordeiro, Conceição e Lima (2006) destacam também que, por se tratar de alvenaria modular, há uma redução do desperdício e uma relativa eficiência na construção, devido ao fato dos blocos serem encaixados ou assentados com pouca quantidade de argamassa e, de possuírem furos internos, sem necessidade de cortes e quebras para a passagem de tubulações e instalações hidráulicas.

1.2 Desempenho de sistemas construtivos

A NBR 15.575 (ABNT, 2013b) tem como objetivo regular e avaliar o desempenho de edificações habitacionais, independente da solução técnica utilizada, ou seja, dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo. Seu enfoque está nas exigências dos usuários para a edificação habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos. Estruturada em três áreas, aborda exigências relativas à segurança, habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental).

Hattge (2004) realizou um estudo comparativo da permeabilidade de alvenarias em blocos cerâmicos e alvenarias em blocos de concreto, a fim de analisar seu desempenho quanto à penetração de umidade. Para isso, utilizou três métodos de ensaio para avaliação de estanqueidade à água em paredes: o método do cachimbo preconizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), o método para verificação *in situ* da permeabilidade à água de fachadas e divisórias preconizado, também, pelo IPT e, o método para determinação da estanqueidade à água empregado pela Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC).

Os ensaios foram realizados utilizando-se três corpos-de-prova para cada sistema construtivo, com dimensões de 1,20 m x 1,60 m (largura x altura). Primeiramente foram ensaiados sem revestimento e, após, com revestimento, composto por uma argamassa com proporção de 1:1:6 (cimento, cal e areia) nas espessuras de 1,5 cm na face exterior (submetida à água) e 1,0 cm na face interior.

Os métodos de verificação *in situ* da permeabilidade à água (IPT) e o método para determinação da estanqueidade à água (CIENTEC), utilizados pelo autor, são bem similares aos ensaios normatizados pela NBR 15.575 (ABNT, 2013b).

O método de verificação *in situ* da permeabilidade consistiu em submeter os corpos-de-prova à presença de água com pressão constante por meio de uma câmara acoplada à parede. Nos blocos, tanto cerâmico como de concreto, sem revestimento, não foi possível realizar leitura na bureta graduada, pois houve grande infiltração de água nos corpos-de-prova. Os blocos cerâmicos com revestimento sofreram infiltração de 2.925 cm^3 e os blocos de concreto com revestimento sofreram infiltração de 3.435 cm^3, valores bem maiores se comparados ao sistema estudado.

O método para determinação da estanqueidade consistiu em submeter os corpos-de-prova à película de água com pressão pneumática sobre a superfície, através de uma câmara entanque de formato prismática nas dimensões de 90 cm x 110 cm. O ensaio foi dividido em duas etapas, na primeira, a película de água é aplicada sem pressão, e na segunda, com pressão de 260 Pa. Em

ambas etapas os corpos de prova foram avaliados visualmente, através da marcação das manchas de umidade na face oposta à câmara, nos tempos de 5, 15, 30, 60, 90, 120 e 150 minutos, para a primeira etapa, e, de 5, 15, 30, 60, 90 e 120, para a segunda etapa. Diferentemente do presente estudo, que submeteu as paredes por mais tempo à aspersão de água, porém, com menor pressão (50 Pa).

Hattge (2004) observou que, tanto nas paredes de bloco cerâmicos, como nas de concreto, sem revestimento, o desempenho perante à estanqueidade não foi satisfatório. Pois a área com manchas de umidade nos corpos-de-prova ao final dos testes foi de 1/3 da área, eu seja de aproximadamente 33,3%. Os corpos-de-prova, de ambos os sistemas de vedação, com revestimento, não apresentaram nenhuma mancha de umidade.

Rodrigues (2010) também analisou o desempenho quanto à estanqueidade de blocos cerâmicos, através de ensaio de permeabilidade à água, seguindo as especificações da NBR 15.575 (ABNT, 2013b). Testou na mesma parede de blocos cerâmicos, diferentes tipos de acabamento (sem revestimento, com selador acrílico, com selador acrílico mais tinta PVA, com selador acrílico mais tinta acrílica, com selador acrílico mais textura acrílica, com selador acrílica mais textura acrílica e tinta PVA e com selador acrílico mais textura acrílica e tinta acrílica) e argamassa de revestimento (proporção 1:1:6, industrializada e proporção de 1:2:9). Nos tempos de 0 a 60 minutos nenhum dos corpos-de-prova atendeu ao limite da Norma.

2. OBJETIVO

O artigo apresenta a avaliação de desempenho de um sistema de vedação vertical externo e interno (SVVEI) composto por blocos de solo-cimento sem função estrutural para habitações de interesse social térreas, seguindo determinações da NBR 15.575 (2013b), focando nas exigências de Habitabilidade e Sustentabilidade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O objeto de estudo é um sistema construtivo composto por blocos vazados de solo-cimento nas dimensões de 25 cm x 7 cm x 12,5 cm, de acordo com a definição da NBR 10.834 (ABNT, 2013c).

Figura 1. a e b) Tijolo vazado de solo-cimento em estudo



3.1 Caracterização dos blocos de solo-cimento

Para a caracterização dos blocos, foi realizada a análise granulométrica por peneiramento conforme a NBR 7.181 (ABNT, 2016a), a determinação do limite de plasticidade conforme a NBR 7.180 (ABNT, 1988) e a determinação do limite de liquidez conforme a NBR 6.459 (ABNT, 2016b).

A montagem dos corpos-de-prova e o desenvolvimento dos ensaios foram realizados seguindo determinações da NBR 15.575 (ABNT, 2013b), que trata do desempenho de edificações habitacionais, através das exigências de habitabilidade e sustentabilidade.
Os tijolos e materiais para montagem dos corpos-de-prova foram fornecidos pela empresa que produz os blocos de solo-cimento, comercializados como tijolos ecológicos.
A análise granulométrica foi executada através de peneiramento, conforme determinação da NBR 10.833 (ABNT, 2013a). No ensaio de peneiramento, foi determinada a quantidade porcentual das partículas que passam e que são retidas nas peneiras nº 4, 10, 20, 40, 60, 100 e 200 (4,8; 2,0; 0,84; 0,42; 0,25; 0,15 e 0,075 mm respectivamente).
As características do solo, obtidas nos ensaios são expressas na Tabela 1, sendo estes, comparados com as determinações da NBR 10.833 (ABNT, 2013a), que trata dos procedimentos para fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica.

Tabela 1. Análise do solo e requisitos da NBR 10.833

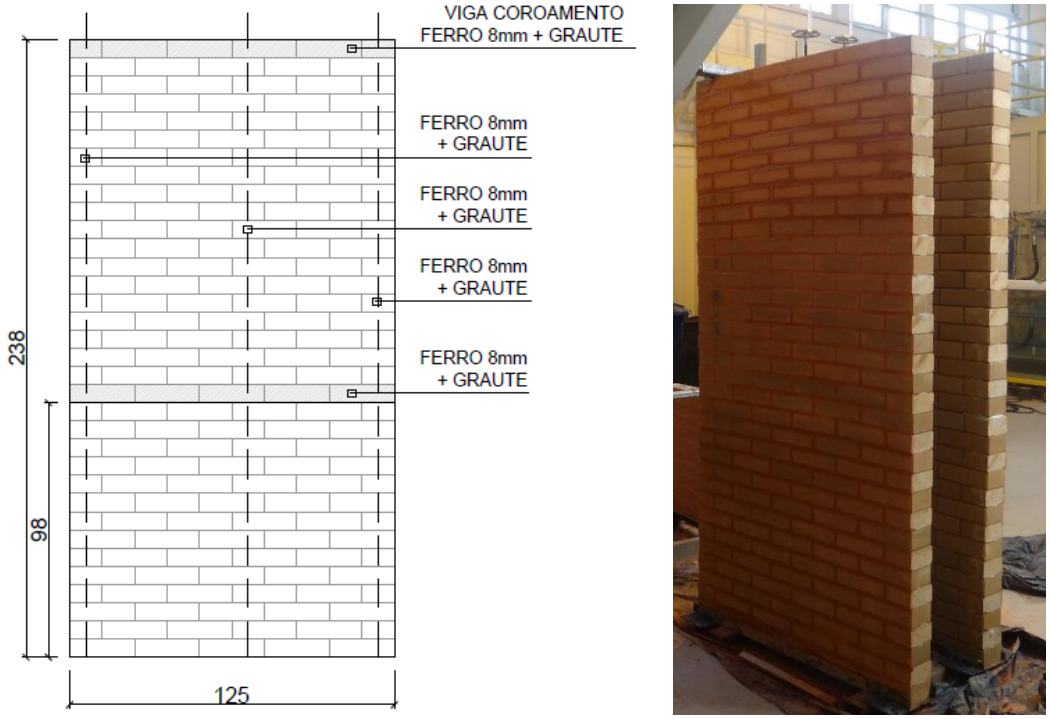
características do solo	**solo testado**	**exigências da NBR 10.833**
% passando na peneira nº4 (4,75mm)	100%	100%
% passando na peneira nº200 (0,075mm)	1,5%	10% a 50%
Limite de Liquidez	23,8	≤ 45
Limite de Plasticidade	18,0	≤ 18

Verificou-se que a composição não atendeu à NBR 10.833 (ABNT, 2013a) no ensaio de análise granulométrica por peneiramento, sendo constatado o baixo teor de argila, portanto um solo arenoso. Sendo arenoso, o solo se torna mais poroso e permeável, influenciando diretamente na estanqueidade e permeabilidade do material.
Os demais requisitos (porcentagem passando na peneira n° 4, limite de liquidez e limite de plasticidade) foram atendidos. Quanto ao limite de liquidez, o qual o valor foi de 23,8%, ficando entre 0% e 30%, conclui-se que o solo em análise é arenoso (NEVES et al., 2010, p.10).
O cimento utilizado na mistura com o solo foi o CP V-ARI (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial), da marca Cimpor Intercement, que atinge altas resistências nos primeiros dias, e continua ganhando resistência até os 28 dias. Segundo a especificação do fabricante, a resistência do bloco fica entre os valores de 2 e 3 Mpa, sendo o valor mínimo exigido pela NBR 10.833 é 2 Mpa (ABNT 2013a).
A mistura para produção dos blocos, com 87% de solo e 13 % de cimento, foi feita mecanicamente, por meio de um multiprocessador, onde o solo é moído para obtenção de uma mistura homogênea. A água a ser acrescentada depende da umidade do solo, e deve ser analisada após a mistura de solo e cimento ficar homogênea. Ainda no multiprocessador, a mistura é peneirada e segue através de uma esteira até a prensa hidráulica, sendo compactada com 37 toneladas. Os elementos resultantes foram curados durante 28 dias, sendo que, nos primeiros 7 dias, foram mantidos úmidos por molhagens sucessivas e cobertos por lona plástica.

3.2 Montagem dos corpos de prova

Os corpos-de-prova foram duas paredes em tamanho real (1,25 m x2,38 m) edificadas com os blocos vazados de solo-cimento. Para montagem das paredes, foi seguido o modelo do sistema construtivo comercializado pela empresa fornecedora do material de ensaio.

Figura 2. a) Vista esquemática do corpo-de-prova b) Corpos-de-prova utilizados no estudo



Para fins deste estudo, nomeou-se os corpos-de-prova como Parede A e Parede B. A Tabela 2 mostra as dimensões destes, bem como os acabamentos e respectivos ensaios realizados em cada parede.

Tabela 2. Organização dos corpos-de-prova e ensaios correspondentes

corpo-de-prova	dimensões (m)	ensaios
parede A	1,25x2,38	estanqueidade / ação de calor e choque térmico
parede B	1,25x2,38	estanqueidade / ação de calor e choque térmico / permeabilidade

O sistema construtivo consiste em blocos encaixados e assentados com argamassa, grauteados nas extremidades laterais, formando colunas, e extremidade superior, formando uma viga de coroamento, com armadura simples de ferro 8 mm. Para fins de ensaio, os ferros de 8 mm (5/16) foram soldados em uma base metálica de perfil C, para posterior assentamento dos tijolos. Segundo o fabricante, na execução de casas térreas, o grauteamento é baseado no projeto estrutural, normalmente feito a cada metro de parede. Os blocos foram assentados com a massa polimérica Verbamfix, indicada para alvenarias de vedação internas ou externas, sem função estrutural ou uso refratário. Após 24 horas do grauteamento, foi feito o rejunte das paredes, com a Argamassa Weber Color Flex, na cor vermelha, de acabamento areado para juntas entre 5 mm e 20 mm e com resistência de 17 MPa aos 28 dias. Antes dos ensaios, as paredes curaram por 28 dias. Logo após, foram aplicadas três camadas de resina da marca Hydronorth, Resina Acrílica Impermeabilizante, para impermeabilização, com secagem final de 120 horas.

3.3 Ensaios realizados

A Tabela 3 apresenta os parâmetros da NBR 15.575 (ABNT, 2013b) utilizados para análise de desempenho dos corpos-de-prova.

Tabela 3. Parâmetros adotados da NBR 15.575, parte 4, para análise de desempenho dos corpos-de-prova

exigência e fator	requisito	critério
estanqueidade (item 10)	infiltração de água em SVVEI (fachadas) (item 10.1)	estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, em SVVE (item 10.1.1)
habitabilidade / estanqueidade (item 10)	umidade em SVVEI decorrente da ocupação do imóvel (item 10.2)	estanqueidade de SVVEI com incidência direta de água – áreas molhadas (item 10.2.1)
sustentabilidade / durabilidade / manutenibilidade (item 14)	paredes externas SVVE (item 14.1)	ação de calor e choque térmico (item 14.1.1)

As paredes A e B foram fixadas em uma estrutura de pórtico, para que elas ficassem simplesmente apoiadas nas extremidades inferiores e superiores. Ainda, na metade da sua altura, receberam outro dispositivo de fixação, composto por dois suportes de madeira unidos entre si por barras rosqueadas, de forma a restringir grandes deslocamentos.
Para ação de calor e choque térmico foi utilizado um painel radiante, dispositivo para aspersão de água, 5 termopares PT 100, registrador de temperaturas, dispositivo para fixação do corpo-de-prova e um deflectômetro eletrônico (que permite medir pequenos deslocamentos horizontais).

4. RESULTADOS

4.1 Habitabilidade – ensaio de estanqueidade à água da chuva

Segundo a NBR 15.575, parte 4, (ABNT, 2013b, p. 23), os SVVE da edificação habitacional “devem permanecer estanques e não apresentar infiltrações que proporcionem borrifamentos, ou escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na face interna”. Podem ocorrer pequenas manchas de umidade, com percentual máximo de 10%, para 7 horas, para edificação térrea e paredes sem função estrutural. O percentual é calculado a partir da área total da parede, considerando-se a mancha de umidade na face oposta de incidência de água.
Os corpos-de-prova possuem dimensões de 1,25 m x2,38 m (largura x altura), resultando em uma área de 2,975 m². Portanto, a área permitida das manchas de umidade na face oposta à incidência de água após o ensaio de estanqueidade é de 0,2975 m². Como ambos os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de estanqueidade à chuva antes e depois do ensaio de ação de calor e choque térmico, para fins de nomenclatura, a parede A foi subdividida em Ensaio de Estanqueidade 1 da Parede A (EE1A) e Ensaio de Estanqueidade 2 da Parede A (EE2A), referente ao primeiro e ao segundo ensaio de estanqueidade, respectivamente. Da mesma maneira a parede B foi subdividida em Ensaio de Estanqueidade 1 da Parede B (EE1B) e Ensaio de Estanqueidade 2 da parede B (EE2B).
As análises dos corpos-de-prova foram realizadas visualmente e as áreas de manchas de umidade foram calculadas aproximadamente (arredondadas para cima) baseadas nas dimensões de um bloco de 25 cm x 12,5 cm x 7 cm (comprimento x largura x altura). Observou-se, nos dois corpos-de-prova, tanto no primeiro como no segundo ensaio, a ocorrência de uma mancha contínua na base. Essa mancha é devida a falta de vedação da base de apoio da parede. Através disso, pode-se concluir que sem a impermeabilização (resina), provavelmente o bloco não é estanque à água. Verificou-se que os dois corpos-de-prova, tanto antes como após o ensaio de ação de calor e

choque térmico, estão dentro dos limites estabelecidos pela norma. Além disso, apesar de terem sido perfurados para a inserção dos suportes para os termopares, nesses locais não ocorreu infiltração de água.

Tabela 4. Resultado do ensaio de estanqueidade à água

ensaio/corpo-de-prova	área molhada da face interna	alteração na face externa	máxima área molhada permitida pela NBR 15575-4
EE1A	0,11 m²	Não	0,2975 m²
EE2A	0,23 m²	Não	0,2975 m²
EE1B	0,12 m²	mancha em um bloco	0,2975 m²
EE2B	0,14 m²	Não	0,2975 m²

Comparando-se os resultados obtidos com estudos de Hattge (2004) para sistemas de vedação compostos por blocos cerâmicos e blocos de concreto, estes apresentaram melhor desempenho à estanqueidade que o sistema de blocos de solo-cimento. Isso provavelmente se deve ao fato de que estes sistemas receberam argamassa de revestimento mais espessa, tanto na face exterior com interior. Observa-se que mesmo sem esse revestimento espesso nas duas faces, apenas com a resina aplicada na face exterior, o sistema analisado alcançou desempenho satisfatório. Entretanto, esse desempenho pode ser questionável no decorrer dos anos, principalmente devido à ação de chuvas, incidência solar e falta de manutenção, de forma que, sugere-se pesquisas futuras que visem a melhoria desse sistema de impermeabilização, como por exemplo, com a aplicação de revestimento argamassado mais espesso nas duas faces.

4.2 Habitabilidade: ensaio de permeabilidade à água

Para o ensaio de verificação da permeabilidade do SVVE, a NBR 15.575, parte 4, especifica que a quantidade de água que penetra não deve ser superior a 3 cm³, por um período de 24 h, na área exposta. Verificou-se que a parede não atendeu aos limites da NBR 15.575, parte 4 (ABNT, 2013b), conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5. Análise do ensaio de permeabilidade

tempo de ensaio	vol. de água infiltrada (cm³)	tempo de ensaio	vol. de água infiltrada (cm³)
Início	0,0	4 horas	18,0
30 minutos	36,0	6 horas	16,5
1 hora	11,6	24 horas	54,0
2 horas	17,8	volume total	153,9

No estudo de Hattge (2004) os blocos cerâmicos com revestimento sofreram infiltração de 2.925 cm³ e os blocos de concreto com revestimento sofreram infiltração de 3.435 cm³, valores bem maiores se comparados ao sistema estudado.

Em estudo de Rodrigues (2010), para blocos cerâmicos, com os mesmos procedimentos aplicados neste estudo, notou-se que, mesmo testando vários tipos de impermeabilização, as amostras não conseguiram atingir o limite especificado pela NBR 15.575 (ABNT, 2013b), assim como o objeto estudado, que utilizou um tipo de pintura impermeabilizante e também não atendeu a esses limites. Isso pode indicar que os valores da norma poderiam ser ajustados para melhor atender à realidade.

4.3 Sustentabilidade: ensaio de ação de calor e choque térmico

A NBR 15.575 (ABNT, 2013b) recomenda que os SVV não apresentem deslocamento horizontal instantâneo, que é medido após 45 minutos da estabilização da temperatura, no plano perpendicular ao corpo de prova superior a h/300, onde h é a altura do corpo de prova; e não apresentem ocorrência de falhas, como fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloramentos e outros danos que possam comprometer a utilização do sistema de vedação vertical externo.

Os corpos-de-prova ensaiados possuem altura de 2.380 mm, portanto o deslocamento horizontal instantâneo máximo permito é de 8,0 mm. Os deslocamentos da parede A e B são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Deslocamentos horizontais da Parede A e B

Parede A				Parede B			
ciclos	Dhi (mm)	Dhr (mm)	Dh (mm)	ciclos	Dhi (mm)	Dhr (mm)	Dh (mm)
1	0,85	0,21	0,64	1	0,95	0,43	0,52
2	0,60	0,18	0,63	2	0,23	0,16	0,39
3	0,51	0,03	0,66	3	0,34	0,16	0,50
4	0,64	0,03	0,64	4	0,66	0,10	0,56
5	0,73	0,03	0,73	5	0,52	0,04	0,48
6	**1,03**	0,11	0,95	**6	**1,02**	0,51	0,51
*7	0,95	0,25	0,70	7	0,40	0,14	0,64
8	0,59	0,33	0,51	8	0,47	0,04	0,43
9	0,39	0,25	0,47	**9	0,99	0,58	0,41
10	0,35	0,21	0,39	10	0,57	0,17	0,40

**os ciclos 7, 8, 9 e 10 foram realizados em dia diferente dos primeiros ciclos. A temperatura registrada para o dia foi de aproximadamente 10ºC, portanto um dia frio.*

***os 5 primeiros ciclos foram realizados em um dia; os ciclos 6, 7 e 8 em outros; e os ciclos 9 e 10 em outro. A temperatura registrada para o dia foi de aproximadamente 10 ºC, portanto um dia frio.*

Em cada ciclo, para fins de nomenclatura, Dhi é o deslocamento horizontal instantâneo medido após 45 minutos da estabilização da temperatura em 80±3 °C; Dhr é o deslocamento horizontal residual medido após o resfriamento da parede a temperatura de 20±5 °C; e, Dh é o deslocamento horizontal total sofrido pela parede.

O deslocamento instantâneo máximo da parede A é de 1,03 mm (destacado em negrito), ficando dentro do limite máximo preconizado pela norma. Para a parede B, o deslocamento instantâneo máximo foi de 1,02 mm (em negrito), ficando também dentro dos limites.

Também foram observados em quanto tempo as paredes atingiam os 80±3 °C e os 20±5 °C, ou seja, o tempo de aquecimento e o tempo de resfriamento dos corpos-de-prova (Tabela 7).

Para a Parede A, o maior tempo de aquecimento registrado foi de 68 minutos no ciclo 1. Isso se deve ao fato de ser o primeiro ciclo realizado, exigindo mais tempo para aprendizado da maneira de ajustar a máquina e as temperaturas. Os menores tempos de resfriamento foram registrados nos ciclos 8, 9 e 10, este fato pode ser explicado pela baixa temperatura da água utilizada para a aspersão, registrada em 5 ºC. Nos ciclos 5 e 6 observa-se o maior tempo de resfriamento, pois nestes ciclos a máquina de resfriamento de água não foi ligada e registrou-se uma temperatura de água da aspersão de 22ºC.

Tabela 7. Tempo de aquecimento e resfriamento das paredes A e B

Parede A			Parede B		
ciclos	ta (min)	tr (min)	ciclos	ta (min)	tr (min)
1	68	3	1	20	5
2	32	2	2	30	5
3	36	4	3	30	5
4	30	5	4	20	3
5	32	8	5	22	2
6	25	8	6	25	3
*7	45	3	7	32	4
8	43	1	8	28	4
9	39	1	9	28	3
10	26	1	10	38	3

**os ciclos 7, 8, 9 e 10 foram realizados em dia diferente dos primeiros ciclos.*

Na Parede B observa-se um equilíbrio nos tempos de aquecimento e resfriamento, esse fato poder ser explicado pelo aprimoramento da técnica de ajuste do painel radiante e pela manutenção da temperatura da água para aspersão entre 15 ºC e 25ºC.
O valor do deslocamento total (Dh) é encontrado através da distância entre a posição da parede aos 45 minutos da estabilização da temperatura e a posição da parede após o resfriamento. A posição da Parede A, no ciclo 1, após 45 minutos, à 80±3 °C, é de 0,85 mm e a posição após o resfriamento (Dhr) é de 0,21 mm. Assim, pela diferença desses valores obtém-se um deslocamento total de 0,64 mm. Porém, o valor de Dh também depende da posição inicial da parede. No ciclo 2, onde a posição inicial é de 0,21 mm (posição que parou no ciclo 1), e a posição após 45 minutos à 80±3 °C é de 0,81 mm, tem-se um Dhi de 0,60 mm, resultante da diferença desses dois valores. Com Dhr de 0,18 mm, tem-se um deslocamento total (Dh) de 0,63 mm, resultante da soma do Dhi com a diferença entre posição inicial e posição após o resfriamento (Dhr).
Para a Parede A, observou-se que, em todos os ciclos, ela praticamente voltou à sua posição inicial após o resfriamento à 20±5 °C, mostrando que a parede não sofre deslocamentos significativos quando exposta à ação de calor e choque térmico.
Para a Parede B, todos os ciclos foram iniciados na posição zero, portanto, o valor do deslocamento total (Dh) foi encontrado através da distância entre a posição da parede aos 45 minutos da estabilização da temperatura e a posição da parede após o resfriamento.
Para a Parede B observou-se que, na maioria dos ciclos, ela praticamente volta à sua posição inicial após o resfriamento à 20±5 °C, com exceção dos ciclos 1 e 6. Na Parede B também se observou a diminuição dos valores de deslocamento totais (Dh) em relação à Parede A. Acredita-se que esse fato se deve ao melhor entendimento e aprimoramento da técnica de ajuste do painel radiante, por ser a segunda parede a ser testada.

5. CONCLUSÕES

Através dos resultados do ensaio de estanqueidade à chuva, verificou-se que ambos os corpos-de-prova atenderam aos parâmetros indicados pela NBR 15.575 (ABNT, 2013b). Mesmo após o ensaio de ação de calor e choque térmico, as paredes continuaram atendendo aos parâmetros, mostrando que o sistema continua estanque com a ação do tempo. Com a constatação de mancha contínua na base devida à falta de vedação da base da parede, conclui-se que, sem a impermeabilização, o bloco perde suas propriedades de estanqueidade. Porém, apesar de terem sido perfurados para a inserção dos suportes para os termopares, nesses locais não ocorreu infiltração de água.

Através dos resultados do ensaio de ação de calor e choque térmico, constatou-se que ambos os corpos-de-prova atenderam aos limites estabelecidos por norma em todos os seus ciclos. Verificou-se também que as paredes, em quase todos os ciclos, praticamente voltaram à sua posição inicial após o resfriamento à 20±5 °C, mostrando que a parede não sofre deslocamentos significativos quando exposta à ação do calor.
Através dos resultados do ensaio de permeabilidade à água, verificou-se que ele não atendeu às exigências da NBR 15.575 (ABNT, 2013b).
Com esta pesquisa, foi possível verificar que o sistema de vedação estudado possui grande potencial como material construtivo, principalmente para moradias populares, por apresentar menor custo que os sistemas convencionais.
Outros desempenhos, como o estrutural, o térmico e o acústico, devem ser avaliados para um adequado entendimento das características e do comportamento do sistema construtivo, para que seu uso cresça no setor da habitação social e da construção civil em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Dosagem das Misturas de Solo-Cimento: Normas de Dosagem e Métodos de Ensaio. Estudo Técnico 35. 54p. São Paulo, 1986.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833. Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento. Rio de Janeiro, 2013a.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10834. Bloco de solo-cimento sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2013c.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575. Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013b.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459. Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016b.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180. Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1988.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181. Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016a.

CBCS, CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas. 2014. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br>. Acesso em: 03 mar. 2017.

CORDEIRO, M. E. V. M.; CONCEIÇÃO, P. M.; LIMA, T. V. A educação ambiental e o uso do solo-cimento. Revista Vértices. Campos dos Goytacazes, RJ, v.8, n.1, (2006).

HATTGE, A. F. Estudo comparativo sobre a permeabilidade das alvenarias em bloco cerâmicos e alvenarias em bloco de concreto. Porto Alegre, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LIMA, F. X. R. F. Blocos de terra compactada de solo-cimento com resíduo de argamassa de assentamento e revestimento: caracterização para uso em edificações. Brasília, 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília.

LORENZI, L. S. Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse sociais térreas. Porto Alegre, 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MELO et al. Desempenho estrutural de protótipo de alvenaria construída com blocos de terra crua estabilizada. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 111-124, 2011.

NEVES, C. M. M. et al. Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra. [S.l.]: Rede Ibero-americana PROTERRA, 2010. Disponível em: <http://www.redproterra.org>. Acesso em: 10 mar. 2014.

PONTE, M. M. C. C. da. Arquitetura de Terra: o desenho para a durabilidade das construções. Coimbra, 2012. 316 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de Coimbra.

RODRIGUES, A. H. Estanqueidade de alvenaria revestida com diferentes argamassas e acabamentos: aplicação da NBR 15575-4/2008. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. Construção em terra: o passado, o presente e o futuro. Arte & Construção, Portugal, out. 2009. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle /1822/10742>. Acesso em: 03 jan. 2014.

ZANONI, V. A. G.; SÁNCHEZ, J. M. M. Sistemas construtivos inovadores: uma abordagem analítica a partir das diretrizes e dos documentos de avaliação técnica do SINAT. In: XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: USP, 2012.

225. CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE CONTRAPISOS PRODUZIDOS COM POLIURETANO EM SUBSTITUIÇÃO DE AREIA

HEISSLER, Rafael Ferreira[1] (rheissler@unisinos.br); CADORE, Bianca Carlin[1] (biancadore@outlook.com); PIRES, Josiane Reschke[1](josianerp@unisinos.br); CHRIST, Roberto (rchrist@unisinos.br)*
[1]Universidade do Vale do Rio do Sinos, itt Performance (UNISINOS), Brasil
** Autor correspondente*

RESUMO
A crescente geração de resíduos e a escassez de matérias-primas como a areia natural faz com que o setor da construção civil, um dos maiores consumidores de matérias-primas e geradores de rejeitos, busque novas tecnologias visando a reutilização de resíduos em seus sistemas construtivos. Um dos métodos utilizados para a redução do consumo de matérias-primas é a incorporação de materiais de baixo peso específico em concretos, sem função estrutural, ou a substituição de agregados graúdos e miúdos por esses materiais. Por se tratar de uma tecnologia pouco utilizada, as características dos compósitos gerados são pouco conhecidas e, antes de ser utilizada em construções e estar à disposição dos usuários, o desempenho destes materiais deverá ser analisado. Desta forma, este trabalho visa elaborar um traço de contrapiso com substituição do agregado miúdo (areia) por escória da indústria de colchões (Poliuretano), além de realizar uma análise qualitativa do aspecto tátil final dos corpos de prova. As amostras com substituição de 60% e 80% de areia por PU apresentaram um melhor aspecto tátil, e a condutividade térmica da argamassa com maior substituição, de 80%, ficou menor que a com substituição de 60%. Com isso, observa-se que a utilização de resíduo em substituição de matéria prima em contrapiso apresenta características térmicas com melhor desempenho que a apresentada por contrapisos convencionais e, após a análise de viabilidade técnica das outras características, este material poderá ser uma boa tecnologia para sistemas sustentáveis.
Palavras-chave: Resíduos; Contrapiso; Poliuretano; Desempenho térmico;

THERMAL CHARACTERIZATION OF SUBFLOORS PRODUCED WITH POLYURETHANE IN SAND REPLACEMENT

The growing generation of waste and the raw materials scarcity, such as natural sand, makes the civil construction sector, one of the largest raw materials consumers and waste generators, seek for new technologies to reuse waste in the construction system. One of the methods used to reduce the raw materials consumption is the incorporation of low specific weight materials into mortar, without structural function, or the replacement of large and small aggregates by these materials. Because it's a less used technology, the characteristics of the generated composites are little-known and, before being used in constructions and being available to the users, the performance of these materials should be analyzed. Thus, this work aims to elaborate a subfloor trace, replacing the small aggregate (sand) with mattress industry's residue (PU - Polyurethane) and perform a qualitative analysis of the specimens' tactile aspect. The samples replaced with 60% and 80% of sand by PU presented a better tactile aspect, and the thermal conductivity of the mortar with higher substitution, 80%, was lower than that with 60% substitution. Therefore, it was observed that the use of waste replacing raw material in subfloor presents better thermal performance than that presented by

conventional subfloors and, after the technical viability analysis of the other characteristics, this material could be a good technology for sustainable systems.
Keywords: Waste; Subfloor; Polyurethane; Thermal performance;

1. INTRODUÇÃO

Conforme projeções, a população mundial atual é de 7,3 bilhões de pessoas e até o ano de 2030, vai alcançar a marca de 8,5 bilhões, e de 9,7 bilhões em 2050. Com esse ritmo, o planeta deve chegar a 2100 com 11,2 bilhões de seres humanos, um crescimento de 53% em relação ao presente (ONU, 2015). Esse crescente número de pessoas nos remete a problemas ligados ao ambiente e as questões sociais econômicas.

Mesmo vivendo em meio a tantas inovações, a crescente urbanização e industrialização, ainda falta, por parte de setores industriais, comerciais e até dos próprios usuários, uma parcela de iniciativa e responsabilidade quando o assunto é sustentabilidade.

Conforme dados da Fundação Dom Cabral (2013), o setor da construção civil no Brasil consome 75% de todos os recursos naturais. Com relação ao consumo específico de areia, a prática da mineração provoca impactos significativos ao meio ambiente, destacando-se a supressão vegetal, exposição do solo aos processos erosivos, poluição do ar, entre outros aspectos negativos (MECHI; SANCHES, 2010). A crescente demanda por areia tem contribuído para a escassez desse material, refletida no custo desses agregados e, por consequência, no custo do metro cúbico do concreto, seja ele usinado ou fabricado na obra (SILVA, 2015).

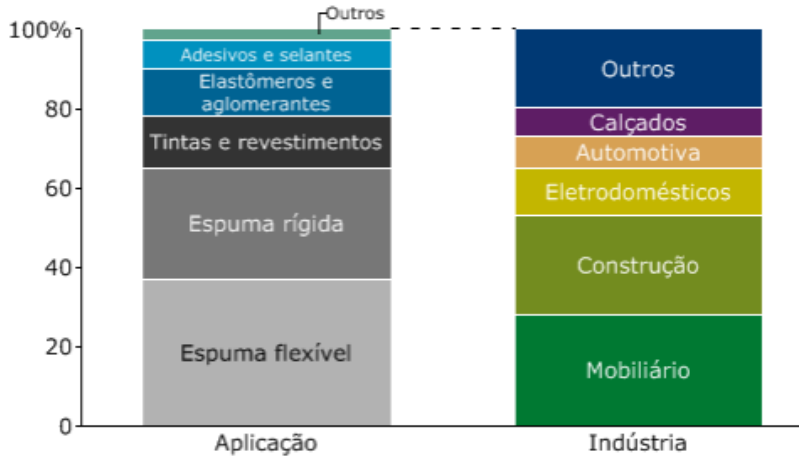
Uma das alternativas encontradas para a redução do consumo desse bem esgotável é a substituição por resíduos. Estudos anteriores, feitos com resíduos de poliuretano, apresentaram resultados satisfatórios com relação a reutilização desses, por exemplo, na fabricação de blocos de vedação para área habitacional (de SOUZA et al., 2010), em conjunto com ABS (BOM, 2008), em pisos e pistas de atletismo (ROSA, GUEDES, 2003) e como agregado leve em argamassas (TREIN et al., 2014).

O acúmulo de resíduos cresce em função da demanda por bens e serviços, sendo gerados desde a obtenção da matéria-prima até o término da fabricação e uso dos produtos. Considerável parcela desses materiais não é reaproveitada ou não tem destino ecologicamente correto, sendo um desafio proporcionar um destino correto a esses subprodutos

Conforme a Resolução 313 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA de 2002,onde trata-se especificamente de resíduos sólidos industriais, apresenta-se uma definição na qual são todos aqueles resíduos decorrentes de processos industriais e que se encontram nos estados: sólido, semissólido e gasoso - quando contido e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível. Dentre esses resíduos encontra-se a espuma de poliuretano, objeto principal do trabalho.

O poliuretano (PU) é um dos polímeros mais utilizados no mercado de bens de consumo e uso material. Ele se apresenta de diversas formas: espumas, tintas e revestimentos, adesivos, elastômeros, entre outros. Dentre todas essas possibilidades, as espumas de poliuretano são utilizadas na indústria da construção como material de isolamento, sendo que esta propriedade depende da sua densidade e das suas cavidades de ar internas (JUNCO, C. et al., 2012). A Figura 1 ilustra as aplicações juntamente com os setores que mais consomem o material.

Figura 1. Mercado mundial de PU por aplicação e indústria consumidora



Fonte: Adaptado de Bain & Company (2014).

Entre 2005 e 2011, o crescimento anual médio, em volume, deste mercado foi de 2,3%. Para o período de 2011 a 2016, espera-se que o mercado mundial mantenha uma taxa média de crescimento cerca de 5% ao ano (Bain & Company, 2014).
O poliuretano é classificado como polímero termofixo, aquele que após moldado não pode ser fundido e remodelado, tornando inviável a reciclagem mecânica, o que proporciona a geração de resíduos de difícil degradação, sendo o modo mais vantajoso de eliminação através da reciclagem. Devido à sua baixa densidade e alto volume, os resíduos de espuma de poliuretano são difíceis de tratar e dispor em aterro e a incineração irá produzir gás venenoso (YANG et al., 2012).
Portanto, esse estudo é fundamentado em uma prática sustentável, proporcionando o reaproveitamento de resíduos de poliuretano em substituição do agregado de natural areia. Dessa forma, desenvolveu-se uma argamassa leve para utilização em contrapisos, uma vez que o poliuretano possui vantagens devido a sua elevada porosidade, proporcionando leveza e um melhor isolamento térmico.

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa é verificar a viabilidade do uso de poliuretano em substituição de agregado miúdo natural (areia), para redução de resíduos, bem como melhorar o sistema de piso em relação a condutividade térmica, propriedade de transporte que está diretamente ligada à taxa de transferência de energia térmica por difusão através de um meio material.
Este trabalho é parte de uma pesquisa maior, sendo neste artigo apresentado o desenvolvimento da argamassa e escolha de um material com melhor desempenho.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Os métodos utilizados nessa pesquisa foram a caracterização dos materiais, moldagem de corpos de prova, ensaio mecânico de compressão e condutividade térmica.
Para esse trabalho foram apresentados 6 traços de argamassa para contrapiso para cada tipo de poliuretano, classificados com base no tamanho dos grãos: PU Fino, PU Médio e PU Grosso, dosados em volume no traço 1:3 com relação a/c fixa em 0,70, com substituição parcial de 20% do agregado miúdo natural sobre o agregado miúdo de PU e total. Os traços foram calculados com base no volume de um recipiente e estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Traço dos materiais

	MATERIAIS		
Traço	**Cimento CP IV-32**	**Agregado miúdo natural**	**Agregado miúdo de PU**
100A0PU	1	3	0
80A20PU	1	2,4	0,6
60A40PU	1	1,8	1,2
40A60PU	1	1,2	1,8
20A80PU	1	0,6	2,4
0A100PU	1	0	3

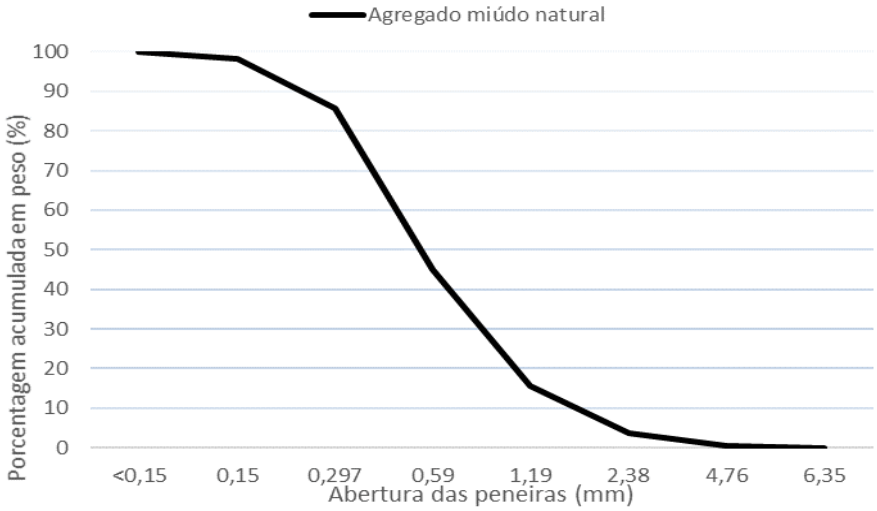
Fonte: elaborado pelo autor.

Sendo:
100A0PU – 100% agregado miúdo natural e 0% agregado miúdo de PU
80A20PU – 80% agregado miúdo natural e 20% agregado miúdo de PU
60A40PU – 60% agregado miúdo natural e 40% agregado miúdo de PU
40A60PU – 40% agregado miúdo natural e 60% agregado miúdo de PU
20A80PU – 20% agregado miúdo natural e 80% agregado miúdo de PU
0A100PU – 0% agregado miúdo natural e 100% agregado miúdo de PU.

3.1 Materiais aplicados

Com relação às matérias primas utilizadas para a confecção do objeto de estudo, empregou-se cimento Portland CP IV-32, areia média, poliuretano e água. A composição granulométrica do agregado natural miúdo e do agregado miúdo de PU foi procedida conforme os parâmetros prescritos na norma NBR NM 248 (ABNT, 2003).
A curva granulométrica do agregado natural miúdo está apresentada na Figura 2, com suas características determinadas de acordo com o apresentado na Tabela 2.

Figura 2. Distribuição granulométrica do agregado miúdo natural



Fonte: elaborado pelo autor.

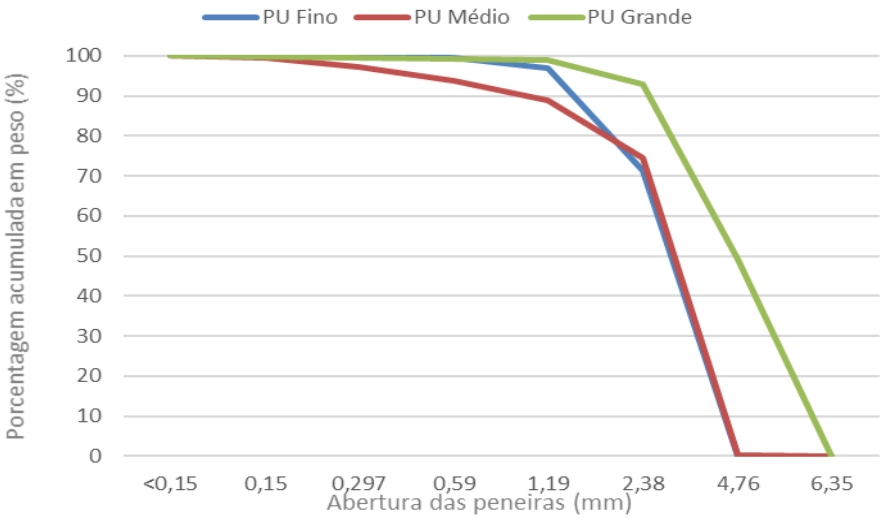
Tabela 2. Caracterização do agregado miúdo natural

Caracterização do agregado miúdo natural		*Resultado Obtido*
Dimensão máxima característica - NBR NM 248 (ABNT, 2003)		4,8 mm
Módulo de finura - NBR NM 248 (ABNT, 2003)		2,48 g/cm³
Massa específica - NBR NM 52(ABNT, 2009)	Aparente	2,5 g/cm³
	Saturado Superfície Seca	2,47 g/cm³
	Agregado Seco	2,45 g/cm³
Massa unitária - NBR NM 45 (ABNT, 2006)		1,51 g/cm³

Fonte: elaborado pelo autor.

Fez-se a caracterização do poliuretano com algumas adaptações nas normativas em função das peculiaridades do agregado artificial descrito na Figura 3 e Tabela 3.

Figura 3. Distribuição granulométrica do agregado miúdo de PU



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 3. Caracterização do agregado miúdo de PU

Caracterização do agregado miúdo de PU	*Resultado Obtido*
Dimensão máxima característica - NBR NM 248 (ABNT, 2003)	4,8 mm
Módulo de finura - NBR NM 248 (ABNT, 2003)	± 5 g/cm³
Massa unitária - NBR NM 45 (ABNT, 2006)	não realizado

Fonte: elaborado pelo autor.

O programa experimental foi divido em duas etapas. A primeira corresponde a confecção de corpos de prova de 5x10 cm, totalizando 54 corpos de prova, os quais foram submetidos à cura úmida e posteriormente a ensaios de compressão, aos 14 e 28 dias. Na segunda etapa, foram selecionados os traços de 60% e 80% de substituição, sendo confeccionadas quatro placas, duas para cada traço, com dimensões de 28x28x3 cm, referentes ao ensaio de condutividade.

3.2 Moldagem dos corpos de prova

Os procedimentos para moldagem dos corpos de prova foram executados conforme a norma NBR 7215 (ABNT, 1996), sendo utilizado os moldes de geometria cilíndrica com 5cm de diâmetro e 10cm de altura. Os traços foram feitos para cada um dos três tipos de poliuretano, disponibilizados já moídos, sendo moldados 4 corpos de prova para cada tipo de traço.

3.3 Moldagem das placas

As placas foram confeccionadas a partir de um molde de madeira com dimensão de 28x28x3 cm. Os traços escolhidos foram os de 40A60PU e 20A80PU, ambos com PUs de espessura fina. A

dosagem dos traços foi definida pela relação entre o volume da amostra de madeira e o volume de um corpo de prova.

3.4 Densidade de massa aparente

Para o cálculo da densidade de massa aparente, utilizou-se um dos corpos de prova cilíndricos para cada tipo de traço, repousando-o por 24 horas a em uma estufa a temperatura de 110°C. Passado esse tempo, pesou-se o corpo de prova em balança, obtendo massa seca do referido traço. O cálculo para a densidade de massa aparente utilizou o resultado da massa obtida na balança, em kg, dividido pelo volume do corpo de prova, em m³.

3.5 Aspecto tátil

Para a verificação dos corpos de prova que apresentam o melhor aspecto tátil, para posterior análise das propriedades térmicas, realizou-se uma análise visual da qualidade tátil. O método possui um caráter relacional, visto que as análises são efetuadas a partir da comparação entre os corpos de prova, sendo o critério de escolha o corpo de prova que apresenta aparência mais aproximada de um contrapiso convencional.

3.6 Propriedades térmicas

Conforme a norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005), o valor da resistência térmica de uma camada homogênea de material sólido é determinado através da Equação 1.

$$R = \frac{e}{\lambda} \qquad \text{Equação 1}$$

Na qual:
e, indica a espessura de uma camada;
λ, indica a condutividade térmica do material.

Utilizando o cálculo da transmitância, apresentado da Equação 2, pode-se obter a quantidade de calor que a amostra cede ao ambiente.

$$U = \frac{1}{R} \qquad \text{Equação 2}$$

Em que:
U, é a transmitância térmica;
R, é a resistência mecânica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resistência mecânica

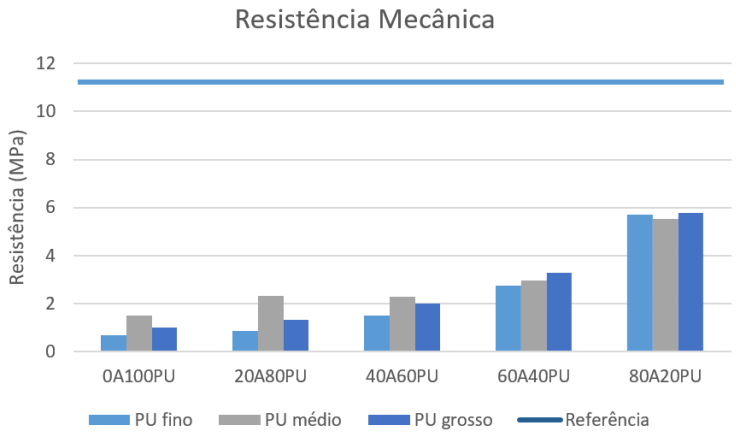
Após 28 dias da moldagem dos corpos de prova, estes foram submetidos ao ensaio de compressão axial, apresentado na Tabela 2, onde os tipos de polímeros são comparados entre si, juntamente com a argamassa de referência, utilizada sem a substituição de agregado miúdo natural por polímeros. A Figura 4 mostra um comparativo da resistência mecânica em função dos traços em substituição da areia por poliuretano, sendo apresentados os valores em 14 e 28 dias.

Tabela 2. Resistência mecânica, aos 28 dias, em MPa.

	PU FINO	PU MÉDIO	PU GROSSO
0A100PU	0,66	1,49	1,00
20A80PU	0,85	2,13	1,30
40A60PU	1,48	2,29	1,98
60A40PU	2,76	2,96	3,27
80A20PU	5,72	5,54	5,76
Referência		11,02	

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 4. Resistência mecânica das amostras de substituição de areia por PU



Fonte: elaborado pelo autor.

Percebe-se que com o aumento da substituição de agregado miúdo natural por polímeros, a resistência decresce significativamente, ao ponto de que quando comparada com a argamassa referência, a substituição 80A20PU (com menor quantidade de substituição) diminuiu mais que a metade da resistência na mesma idade.

4.2 Densidade de massa aparente

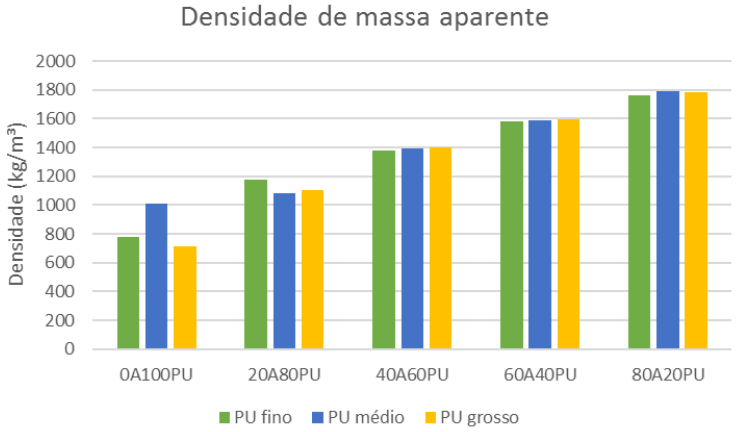
Utilizando os valores de massa aparente, apresentados na Tabela 3, verifica-se a perda de massa com o aumento na substituição da areia por PU, uma vez que o polímero possui menor densidade, assim, em um mesmo volume, possui menor massa. Na Figura 5 compara-se as densidades obtidas em função do tipo de polímero utilizado

Tabela 3. Densidade de massa aparente

	CP	DIÂMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUME (cm³)	PESO (g)	ρ (kg/m³)
R	100A0PU	5,028	9,968	197,919	383,3	1936,65
PU Fino	0A100PU	4,858	9,894	183,397	142,4	776,46
	20A80PU	4,977	9,905	192,680	226,3	1174,49
	40A60PU	5,012	9,686	191,105	262,7	1374,64
	60A40PU	5,026	9,915	196,684	311,2	1582,23
	80A20PU	5,012	10,003	197,352	348	1763,34
PU Médio	0A100PU	4,964	10,145	196,332	198,5	1011,04
	20A80PU	5,024	10,88	199,950	216,9	1084,77
	40A60PU	4,971	9,998	194,046	270,8	1395,54
	60A40PU	4,997	10,448	204,934	325,1	1586,37
	80A20PU	4,997	10,030	196,683	352,1	1790,19
PU	0A100PU	4,946	9,913	190,440	136,3	715,71
	20A80PU	4,959	10,070	194,501	214,8	1104,36
	40A60PU	5,003	9,879	194,181	310,2	1597,48
	60A40PU	4,999	10,069	197,605	276,6	1399,76
	80A20PU	5,016	9,969	197,022	350,6	1779,50

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 5. Densidade de massa aparente em função da substituição



Fonte: elaborado pelo autor.

4.3 Aspecto tátil

A análise visual dos corpos de prova é apresentada na Tabela 4. Conforme pode-se observar, os corpos de prova que apresentaram melhor aspecto tátil, ou seja, mais próxima aos sistemas convencionalmente utilizados na construção civil, foram os 60A40PU e 80A20PU da substituição de areia por PU.

Tabela 4. Aspecto tátil dos corpos de prova – PU fino

REFERENCIA	0A100PU	20A80PU	40A60PU	60A40PU	80A20PU
					

Fonte: elaborado pelo autor.

4.4 Estimativa de condutividade térmica

A análise de condutividade térmica das amostras que apresentaram melhor aspecto tátil (60A40PU e 80A20PU) não puderam ser realizadas pelo método de placa quente da NBR 15220-2 (ABNT, 2005) até o fechamento deste artigo devido ao equipamento de análise estar avariado. Desta forma, realizou-se uma análise da condutividade térmica por estimativa com os dados da referida norma, através do valor da densidade de massa aparente, apresentadas no item 4.2, e considerando as amostras como argamassas. Utilizou-se espessura de 3 cm nos cálculos. Desta forma, na Tabela 5 apresenta-se as estimativas de condutividade térmica.

Tabela 5. Estimativa de condutividade dos corpos de prova

AMOSTRA		DENSIDADE (kg/m³)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/(mK))	RESISTÊNCIA TÉRMICA (m²K/W)	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/m²K)
Referência	100A0PU	1936,65	1,15	0,02609	38,33
PU fino	60A40PU	1582,23	0,70	0,04286	23,33
	80A20PU	1763,34	0,70	0,04286	23,33
PU médio	60A40PU	1586,37	0,70	0,04286	23,33
	80A20PU	1790,19	0,70	0,04286	23,33
PU grosso	60A40PU	1399,76	0,40	0,07500	13,34
	80A20PU	1779,50	0,70	0,04286	23,33

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode-se observar na Tabela 5, pela densidade das amostras a condutividade térmica deve ser em torno de 0,7 W/(mK), exceto na amostra 60A40PU com utilização de PU grosso, deve ficar entre 0,40 W/(mK). Os valores de condutividade térmica são menores que da amostra de referência, que apresenta 1,15 W/(mK). Desta forma, a transmitância térmica é menor na amostra 60A40PU, seguida pelas demais amostras analisadas.

5. CONCLUSÃO

A incorporação de materiais poliméricos, como poliuretano, em argamassas, fez com que sua resistência mecânica diminuísse significativamente. Entretanto, esta não é uma das características predominantes em contrapisos.

Por apresentar uma menor densidade de massa aparente, a argamassa 20A80PU, na qual possui 20% de agregado miúdo natural e 80% de agregado miúdo de poliuretano em substituição, apresenta uma menor condutividade térmica. Isto acrescentado à uso racional de energia térmica, torna-se um bom aliado das construtoras quando a necessidade de idealizar sistemas construtivos sustentáveis no consumo de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estruturas. Rio de Janeiro, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005a.

BAIN&COMPANY. Potencial de diversificação da indústria química brasileira: Poliuretanos e seus intermediários. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bain&Company, 2014.

BOM, R.P. Alternativa de reciclagem de resíduos de espuma rígida de poliuretano com ABS. Matéria (Rio J.) vol.13 no.2 Rio de Janeiro Apr./June 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 313, de 29 de outubro de

2002, CONAMA, 2002.

INCROPERA, P. F.; DEWITT, D. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa. 6ta. Edição. Editora LTC: Rio de Janeiro, 2008.

JUNCO, C., GADEA, J., RODRÍGUEZ, A., GUTIÉRREZ-GONZÁLEZ, S., & CALDERÓN, V. (2012). Durability of lightweight masonry mortars made with white recycled polyurethane foam. Cement and Concrete Composites, 34(10), 1174-1179.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. Estud. av. vol.24 no.68 São Paulo, 2010.

ROSA, Derval S.; GUEDES, Cristina G. F. Desenvolvimento de processo de reciclagem de resíduos industriais de poliuretano e caracterização dos produtos obtidos. Laboratório de Polímeros Biodegradáveis e Soluções Ambientais, Universidade São Francisco, 2003.

SALTER C. F., MORAES C. A. M., BREHM F. A. Revisão das Oportunidades de Reciclagem do Poliuretano Rígido, 2016.

SILVA, L. S., DEMETRIO, J. C. C., DEMETRIO, F. J. C. Concreto Sustentável: Substituição da Areia Natural por Pó de Brita para Confecção de Concreto Simples. 5th International Workshop | Advances in Cleaner Production – Academic Work, 2015.

de SOUZA, L. G. M., de FREITAS MOTA, M. K., de Souza, L. G. V. M., CIPRIANO, J. M., de SOUZA SANTIAGO, B. H., & dos SANTOS, R. D. Espuma de Poliuretano (PU) Rígido de Alta Densidade Pós-consumo na Fabricação de Blocos de Vedação de Baixo Custo Para Área Habitacional, 2010.

TREIN, F. A., FLACH, M. V., de VARGAS, A. S., & SIQUEIRA, M. A. Análise da Viabilidade Técnica do Processamento de Resíduos Sólidos de Acetato de Etil-vinila e Poliuretano e sua Utilização como Agregado Leve em Argamassas Álcali-ativadas, 2014.

YANG, W., DONG, Q., LIU, S., XIE, H., LIU, L., & LI, J. (2012). Recycling and disposal methods for polyurethane foam wastes. Procedia Environmental Sciences, 16, 167-175.

247. PERCEPÇÃO DE NÃO USUÁRIOS SOBRE O MÉTODO CONSTRUTIVO EM LIGHT STEEL FRAMING.

SOUZA, Alan Dellon Nery[*1] *(alandnsouza@gmail.com);*
MENNA BARRETO, Maria Fernanda Fávero[1] *(mfmennabarreto@gmail.com).*
[1]Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Light Steel Framing é um método construtivo amplamente utilizado em países desenvolvidos. Entretanto, no Brasil esta tecnologia ainda não é utilizada largamente nas construções. Entre as principais vantagens da utilização do sistema estão os menores prazos de construção, baixa geração resíduos nos canteiros de obra, racionalização da construção e facilidade de manutenção, motivos que o tornam um sistema construtivo sustentável. Diante do exposto, buscou-se avaliar a percepção dos não usuários sobre a possível adesão ao sistema construtivo, a fim de verificar se a opinião dos mesmos tem interferido para não propagação do método construtivo no Brasil. A avaliação foi realizada por meio de um questionário disponibilizado e respondido em meio digital. Após a obtenção dos dados, estes foram analisados e compilados de forma a averiguar a possibilidade de adesão dos não usuários ao método construtivo, tendo em vista seus benefícios e vantagens em relação a outros métodos. Além disso, buscou-se analisar quais são os motivos que interferem na aceitação e na difusão do sistema construtivo. Constatou-se que uma considerável parte dos entrevistados ainda não conhece o sistema, entretanto a maioria estaria disposta a utilizar o *Light Steel Framing* ao conhecerem suas características.
Palavras-chave: *Light Steel Framing*; Sustentabilidade; Avaliação.

NON-USERS PERSPECTIVE ABOUT THE LIGHT STEEL FRAMING CONSTRUCTIVE METHOD

ABSTRACT
The Light Steel Framing is a constructive method widely used in developed countries. However, this technology is not used as much in Brazil. Among the main advantages of using the system are the shorter construction times, low waste generation at construction sites, rationalization of construction and ease of maintenance, all of those are reasons that make it a sustainable construction system. In view of the above, the objective was to evaluate the perception of non-users about the possible adherence to the constructive system, in order to verify if their opinion has interfered for the propagation of the constructive method in Brazil. The evaluation was made by an online quiz. After obtaining the data, they were analyzed and compiled to investigate the possibility of non-users joining the constructive method, considering the benefits and advantages over other methods. In addition, the aim was to analyze which are the reasons that interfere in the acceptance and diffusion of the constructive system. It was verified that a considerable part of the interviewees still does not know the system, however the majority would be willing to use Light Steel Framing when knowing its characteristics.
Keywords: Light Steel Framing; Sustainability; Evaluation.

1. INTRODUÇÃO

Em países desenvolvidos são utilizados, em grande escala, métodos construtivos racionalizados. Entre tais métodos está o *Light Steel Framing* (LSF), cujo primeiro protótipo foi apresentado na Feira

Mundial de Chicago em 1932 (FRECHETTE, 1990). No Brasil, tal sistema construtivo surgiu por meio da importação de kits pré-fabricados dos Estados Unidos no final da década de 90 (CRASTO, 2005).

Atualmente, o LSF é um sistema construtivo que utiliza componentes estruturais de alta resistência e, segundo Crasto (2005), baixo peso. Também apresenta grande precisão dimensional, promove a industrialização do processo construtivo, possibilita menores prazos de execução e gera menos resíduos nos canteiros de obras.

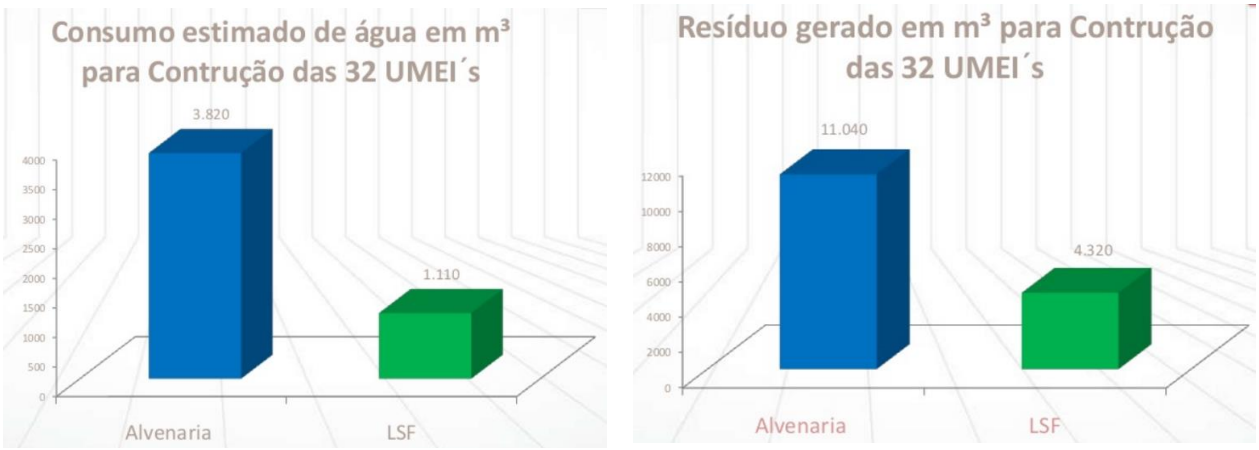
Sua estrutura é composta por perfis metálicos dobrados a frio, revestidos com zinco ou liga alumínio-zinco e, conforme Terni, Santiago e Pianheri (2008), para a vedação externa geralmente são utilizadas placas cimentícias ou placas *Oriented Strand Board* (OSB). Já na vedação interna, pode-se utilizar o gesso *Standard* em áreas secas e o gesso RU (resistente à umidade) em áreas úmidas. As instalações são as mesmas utilizadas em outros sistemas convencionais e se encontram embutidas entre as placas de vedação.

As construções em LSF possibilitam a manutenção nas instalações antigas ou a execução de novas instalações de maneira mais rápida e limpa, onde a geração de resíduos é mínima e o gasto com novos materiais também é baixo (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008), tornando-o um sistema mais sustentável.

Em 2013, a empresa Odebrecht apresentou o projeto da construção de 32 Unidades Municipais de Educação Infantil (UMEI's) utilizando o LSF em Minas Gerais. Conforme levantamento realizado pela empresa, demonstrado na Figura 1, pode-se constatar a vantagem do sistema LSF em relação à alvenaria na economia de água e na diminuição dos resíduos gerados durante a construção (CARVALHO, 2014).

Figura1. Estimativa do consumo de água e resíduo para construção das 32 UMEI's

(CARVALHO, 2014)



Vivan, Paliari e Novaes (2010) afirmam que o LSF possui grande superioridade produtiva e qualitativa sobre os sistemas tradicionais, pois promovem com maior eficácia a utilização da construção enxuta como filosofia de trabalho.

Apesar de todas as vantagens supracitadas e o fato do Brasil ser um dos maiores produtores de aço (matéria prima do LSF) do mundo (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2016), esse método construtivo ainda não é utilizado largamente nas edificações, onde predominam formas artesanais de construção. Conforme dados do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA, 2016), estima-se

que em 2015 apenas 5,5% do consumo aparente dos aços revestidos com zinco puro e liga alumínio-zinco na construção foram utilizados em construção em LSF. Além disso, estima-se que no mesmo ano o volume de produção dos perfis para LSF em relação a capacidade produtiva das empresas foi de apenas 50%.

Campos (2014) cita alguns obstáculos que dificultam a difusão do sistema no Brasil: primeiramente, pode-se apontar a falta de mão de obra qualificada para execução e manutenção das edificações; o baixo nível de detalhamento dos projetos na Construção Civil no país é outro fator que prejudica sistemas industrializados como o LSF; por fim, a aceitação cultural de um novo método construtivo torna-se uma barreira pelo desconhecimento da população sobre o sistema e suas etapas de manutenção.

Daltro e Oliveira (2014) afirmam que é importante a "divulgação sistemática sobre construções industrializadas e de informações técnicas que sustentem argumentos de praticidade, racionalidade e uso das edificações".

Nesse sentido, é importante averiguar a satisfação dos usuários de edificações construídas em LSF de modo a obter opiniões não técnicas, a fim de realizar a retroalimentação do sistema para melhoria em futuras construções utilizando o mesmo método construtivo, além da utilização destas informações como *marketing* para construções com este sistema.

Também é importante verificar a possibilidade de adesão dos não usuários ao método construtivo, com o objetivo de incentivar a ampliação da utilização do LSF, tendo em vista seus benefícios e vantagens em relação a outras técnicas já consolidadas no país.

2. OBJETIVO

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar a aceitabilidade do sistema construtivo em LSF por meio da aplicação de um questionário em meio digital.

Os objetivos específicos são os seguintes: analisar a percepção de não usuários sobre a possibilidade de adesão ao LSF; averiguar quais os fatores que interferem na aceitação do sistema construtivo; propor métodos para promover a difusão deste sistema construtivo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A percepção dos não usuários do sistema construtivo em LSF foi avaliada por meio de uma pesquisa realizada em meio digital.

O questionário foi elaborado seguindo as orientações de Hill e Hill (1998) e Chagas (2000) e com base no questionário aplicado por Oliveira (2014) para avaliar a aceitabilidade do sistema construtivo *Wood Frame*. O questionário foi disponibilizado para ser respondido pelos entrevistados por meio da ferramenta de "Formulários Google" do "Google Drive", serviço de armazenamento on-line de arquivos. A divulgação foi realizada em meio digital, por meio de serviços de e-mail, mensagens e redes sociais como o Facebook e o WhatsApp. O questionário foi respondido por 165 pessoas entre os dias 6 e 12 de dezembro de 2016.

O questionário é composto por dez perguntas, sendo seis perguntas de múltipla escolha, três perguntas dicotômicas e uma pergunta aberta.

As primeiras perguntas do questionário têm o objetivo de caracterizar os entrevistados. Logo após, são abordadas questões que visam demonstrar o conhecimento prévio do entrevistado a respeito do LSF. Em seguida é apresentada uma breve definição do sistema construtivo em LSF, citando suas principais vantagens, e a Figura 2, onde é mostrada uma residência em processo de construção utilizando o sistema e a mesma residência já finalizada.

Com tais características apresentadas, busca-se verificar se os entrevistados estariam dispostos a optar por uma edificação construída com o sistema supracitado. Caso os mesmos não estejam dispostos a optar pelo método, busca-se averiguar quais os motivos da não aceitação e quais os motivos que poderiam influenciá-los a mudarem de opinião. A última pergunta tem o objetivo de examinar se o entrevistado tem conhecimento sobre a possibilidade de financiamento imobiliário para edificações em LSF, fato que pode interferir na escolha do sistema construtivo de uma edificação.
Os dados obtidos foram enviados para uma planilha do software Microsoft Office Excel 2016, que permite a análise das informações com a criação de tabelas e gráficos.

Questionário aplicado aos não usuários

1. Qual é sua idade?
   a) Menos de 20 anos.
   b) Entre 20 e 40 anos.
   c) Entre 41 e 60 anos.
   d) Mais de 60 anos.

2. Qual é seu grau de escolaridade?
   a) Nenhum.
   b) Ensino fundamental incompleto.
   c) Ensino fundamental completo.
   d) Ensino médio incompleto.
   e) Ensino médio completo.
   f) Ensino superior incompleto.
   g) Ensino superior completo.
   h) Especialização, mestrado ou doutorado.

3. Qual é sua profissão?

4. Caso você for construir uma edificação, qual sistema construtivo você escolheria?
   a) Alvenaria convencional (blocos cerâmicos de vedação e estrutura de concreto armado).
   b) Alvenaria estrutural (blocos estruturais cerâmicos ou de concreto).
   c) Madeira
   d) *Light Steel Framing* (sistema industrializado que utiliza aço na estrutura).
   e) Outro: _____.

5. Você conhece o sistema construtivo em *Light Steel Framing*?
   a) Sim.
   b) Não.

6. Caso a resposta tenha sido “sim” na questão 5, como você conheceu o sistema construtivo em *Light Steel Framing*?
   a) Já visitei uma edificação construída com o sistema.
   b) Pela internet.
   c) Pela televisão.
   d) Por meio de revistas especializadas.

e) Outro: _____.

Figura 2. Casa em construção e residência já concluída em LSF.



7. O Light Steel Framing é um sistema industrializado de construção que utiliza perfis de aço galvanizado para compor a estrutura da edificação e painéis pré-moldados compondo a sua vedação. A obra é realizada de maneira rápida e limpa. A edificação tem bom conforto térmico e acústico. Na Figura 2 é mostrada a edificação em processo de construção e a mesma edificação já finalizada. Sabendo dessas características, você optaria por uma edificação em Light Steel Framing?
   a) Sim.
   b) Não.

8. Caso a resposta tenha sido "não" na questão 7, por qual motivo você não aceitaria utilizar este sistema em uma construção?
   a) Não conheço o sistema por completo.
   b) Não confio no sistema.
   c) A construção pode se tornar mais cara.
   d) Não conheço empresas prestadoras do serviço.
   e) Outro: _____.

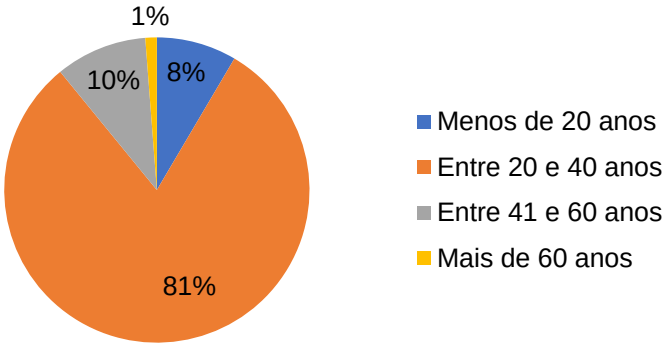
9. Caso a resposta tenha sido "não" na questão 7, qual o principal motivo que levaria você a mudar de ideia e optar pelo sistema *Light Steel Framing*?
   a) Ter contato com uma empresa prestadora do serviço.
   b) Conhecer uma edificação executada neste sistema para verificar *in loco* suas propriedades.
   c) Conhecer a opinião dos usuários deste sistema.
   d) Realizar um orçamento comparativo entre métodos para garantir o menor custo.
   e) Nada me faria optar por uma construção em *Light Steel Framing*.
   f) Outro: _____.

10. Você sabia que as construções em *Light Steel Framing* podem ser financiadas pelos bancos?
   a) Sim.
   b) Não.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As primeiras questões do questionário buscavam caracterizar os entrevistados. Com relação a idade dos entrevistados, 81% têm entre 20 e 40 anos, 10% têm entre 41 e 60 anos, 8% têm menos de 20 anos e 1% tem mais de 60 anos, conforme Figura 3.

Figura 3. Respostas da primeira pergunta do questionário: qual é sua idade?



Quanto ao grau de escolaridade, de acordo com a Figura 4, pode-se observar que 52% possuem ensino superior incompleto, 19% possuem ensino superior completo, 14% possuem especialização, mestrado ou doutorado, 12% possuem ensino médio completo, 2% possuem ensino médio incompleto e 1% possui ensino fundamental completo. Já com relação à profissão, como a resposta era aberta, obteve-se um grande número de respostas diferentes. Apesar disso, pode-se destacar que 48% dos entrevistados são estudantes e 13% são engenheiros.

Figura 4. Respostas da pergunta: qual é seu grau de escolaridade?

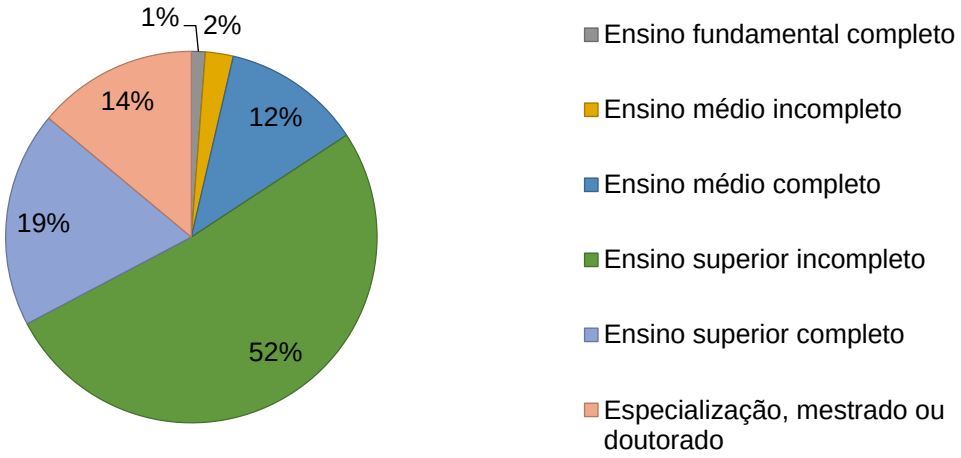
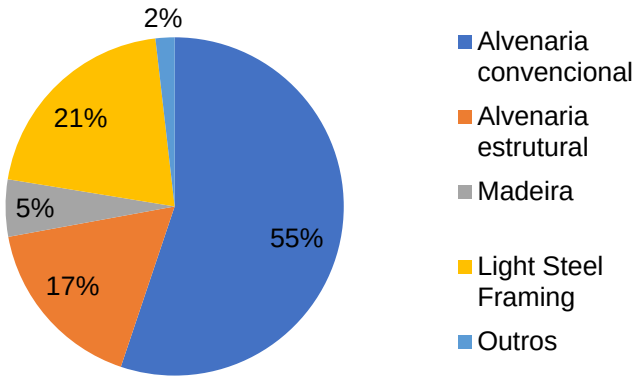
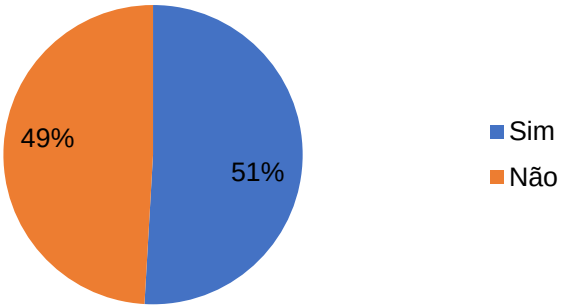


Figura 5. Respostas da pergunta: caso você fosse construir uma edificação, qual sistema construtivo você escolheria?



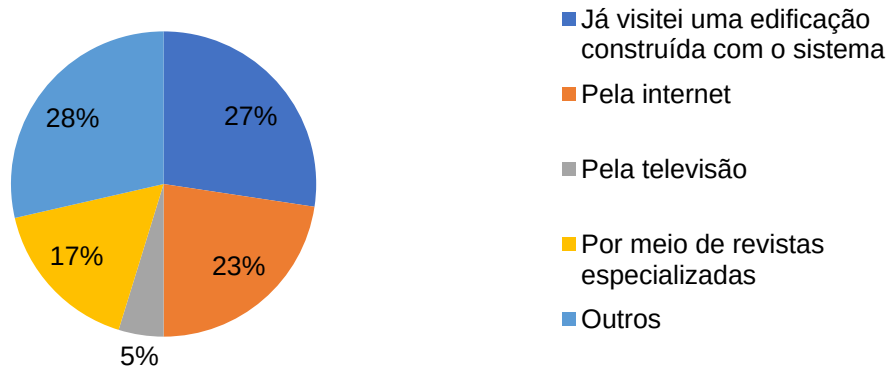
Pode-se perceber que em primeiro momento, a maioria dos entrevistados optou pelo sistema construtivo em alvenaria convencional, método artesanal que é amplamente utilizado nas construções no país. Também é importante destacar a representatividade dos entrevistados que optaram pelo LSF, deixando-o a frente de sistemas mais utilizados como a alvenaria estrutural.
Com relação ao conhecimento dos entrevistados a respeito do sistema construtivo em *Light Steel Framing*, de acordo com a Figura 6, pode-se verificar que 51% dos entrevistados responderam que conhecem o sistema, enquanto 49% não o conhecem.

Figura 6. Respostas da pergunta: Você conhece o sistema construtivo em *Light Steel Framing*?



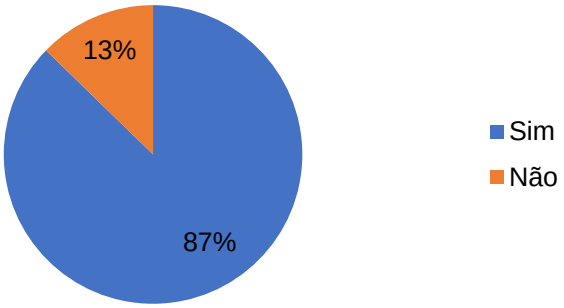
Entre os que conhecem o sistema construtivo, 27% responderam que já visitaram uma edificação construída com o sistema, 23% tiveram contato com o sistema por meio da internet, 17% conheceram o sistema por meio de revistas especializadas e 4,8%, pela televisão, conforme Figura 7. Além desses, 27% conheceram o método construtivo no meio acadêmico e um entrevistado (1%) conheceu o sistema por meio de conhecidos que lhe falaram a respeito do sistema.

Figura 7. Respostas da pergunta: Como você conheceu o sistema construtivo em *Light Steel Framing*?



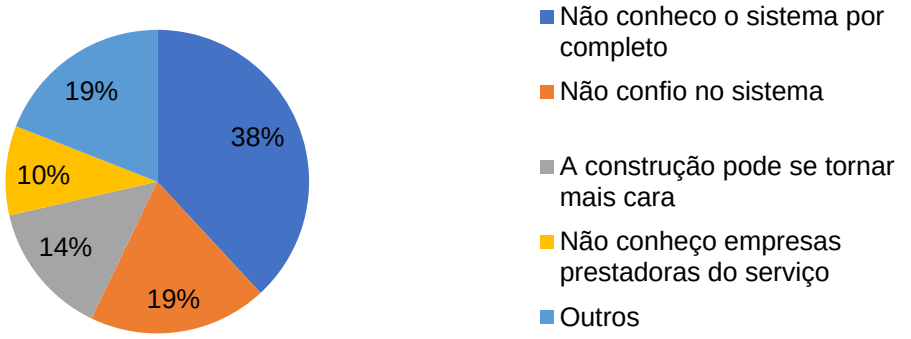
Com tais respostas obtidas, pode-se perceber que o LSF não era conhecido por quase a metade dos entrevistados. Entre os que já conheciam o sistema, a maior parte o conheceu por meio de visitas em edificações construídas ou pela internet.
Após uma breve apresentação sobre o sistema construtivo em LSF, mostrando suas características e benefícios, 87% dos entrevistados responderam que optaria por este sistema no momento de construir, conforme Figura 8. Tal questão demonstra que a maioria dos entrevistados está disposta a aderir a sistemas inovadores, que são mais eficientes e garantem diversas vantagens frente aos sistemas tradicionais.

Figura 8. Respostas da pergunta: Sabendo dessas características, você optaria por uma edificação em *Light Steel Framing*?



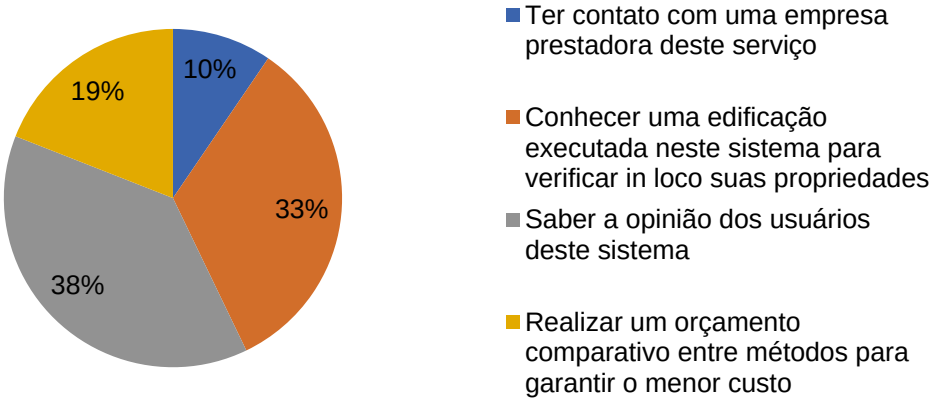
Entre os entrevistados que responderam que não optariam pelo sistema em LSF, 38% apontaram que o motivo de não aceitarem o método seria por não conhecerem o sistema por completo, 19% responderam que não confiam no sistema, 14% apontaram que a construção poderia se tornar mais cara e 10% apontaram que não conhecem empresas prestadoras do serviço, conforme Figura 9. Outros motivos apresentados pelos entrevistados foram os seguintes: falta de mão de obra especializada, falta de conhecimento sobre o atendimento da norma de desempenho pelo sistema, conforto acústico insatisfatório e a falta de vantagens da utilização do sistema.

Figura 9. Respostas da pergunta: Por qual motivo você não aceitaria utilizar este sistema em uma construção?



Entretanto, de acordo com a Figura 10, 38% desses mesmos entrevistados responderam que poderiam mudar de opinião sobre a utilização do sistema caso soubessem a opinião de usuários que utilizam o mesmo. Outros 33% poderiam mudar de ideia caso visitassem uma edificação construída com o sistema, 19% responderam que realizariam orçamentos comparativos a fim de garantir o menor custo e 10% apontaram que o contato com empresas prestadoras do serviço poderiam influenciá-los a mudar de opinião.

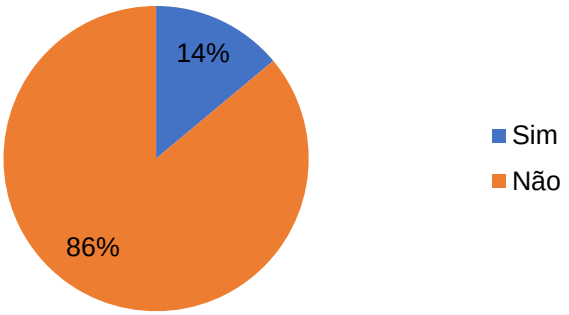
Figura 10. Respostas da pergunta: Qual o principal motivo que levaria você a mudar de ideia e optar pelo sistema *Light Steel Framing*?



Pode-se observar que os motivos mais apontados para a não aceitabilidade do sistema estão relacionados à falta de conhecimento sobre o mesmo. Além disso, percebe-se que a opinião de usuários do sistema construtivo é um importante fator que pode influenciar os entrevistados a mudarem de opinião a respeito do LSF.

Por fim, 86% dos entrevistados apontaram que não tinham conhecimento sobre o fato dos bancos financiarem construções em LSF, conforme a Figura 11. Tal questão aponta que também há falta de divulgação sobre este fato, que pode interferir na decisão do sistema construtivo a ser utilizado em uma construção.

Figura 11. Respostas da pergunta: Você sabia que as construções em *Light Steel Framing* podem ser financiadas pelos bancos?



5. CONCLUSÃO

Com os dados obtidos por meio da aplicação do questionário em meio digital, conclui-se que o sistema construtivo em LSF ainda é desconhecido por uma considerável parte das pessoas participantes da pesquisa. A amostra em questão, inicialmente optou por sistemas construtivos tradicionais, isso se deu pela falta de conhecimento a respeito de inovações tecnológicas no setor da Construção Civil. Entretanto, os entrevistados se mostraram dispostos a aderirem a soluções mais sustentáveis de construção, como o LSF.

Diante dos resultados, pressupõe-se que o aumento na divulgação das vantagens do LSF pode promover a expansão da utilização do sistema construtivo. Por meio da pesquisa, percebeu-se que discussões em meio acadêmico e a divulgação na internet são meios que já se mostraram eficazes para levar informação aos potenciais consumidores.

Com as respostas ao questionário, também se constatou que a exposição detalhada do sistema construtivo por meio da construção de protótipos, a divulgação da opinião de usuários do LSF, a apresentação de orçamentos que comprovam a viabilidade econômica do sistema e a divulgação da possibilidade de financiamento bancário para construções em LSF são aspectos que podem ser abordados por empresários, construtoras e profissionais da Construção Civil para a difusão do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, H. C. Avaliação pós-ocupação de edificações construídas no sistema *Light Steel Framing.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

CAMPOS, P. F. *Light Steel Framing*: Uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CARVALHO, W. F. Sustentabilidade Ambiental em Escolas Infantis – Estudo de Caso: Unidade Municipal de Escola Infantil – UMEI – Belo Horizonte. In: VII Fórum Internacional pelo Desenvolvimento Sustentável. Belo Horizonte, 2014.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. Cenário dos fabricantes de perfis galvanizados para Light Steel Frame e Drywall. Rio de Janeiro, 2016.

CHAGAS, A. T. R. O questionário na pesquisa científica. Campinas, 2000.

CRASTO, R. C. M. Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados*: Light steel framing*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

DALTRO, A. T.; OLIVEIRA, L. G. Sistema construtivo *light steel framing*: relato de casos em Cuiabá e Várzea Grande-MT. In: Encontro de Engenharia de Edificações e Ambiental, 2, 2014. Cuiabá, 2014.

FRECHETTE, L. A. *Building smarter with alternative materials.* Carlsbad: Craftsman Book Company, 1999.

HILL, M. M.; HILL, A. A construção de um questionário. Lisboa: Dinâmica, 1998.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Estatística Preliminar. v. 16. Rio de Janeiro, 2016.

OLIVEIRA, C. de A.; FERRETI, L. Contribuição ao estudo sobre uso e manutenção de sistemas construtivos inovadores: *Light steel framing* e paredes de concreto com formas de PVC incorporadas. Porto Alegre: ANTAC, 2015.

OLIVEIRA, L. A. Avaliação de aceitabilidade do sistema construtivo "*Wood Frame".* Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

TERNI, A. W.; SANTIAGO, A. K.; PIANHERI, J. Steel frame: Fundações. Téchne. v.135. São Paulo, jun. 2008.

_____. Steel frame: Estrutura. Téchne. v.137. São Paulo, ago. 2008.

_____. Steel frame: Fechamento. Téchne. v.139. São Paulo, out. 2008.

_____. Steel frame: Instalações. Téchne. v.141. São Paulo, dez. 2008.

VIVAN, A. L.; PALIARI, J. C. NOVAES, C. C. Vantagem produtiva do sistema *Light Steel Framing*: da construção enxuta à racionalização construtiva. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Canela, 2010.

274. COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE PISOS PERMEÁVEIS PARA USO EXTERNO ATRAVÉS DE MÉTODO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

AMARAL, Wilian Daniel Henriques do[1] (wilian.amaral@engenharia.ufjf.br); BRANDÃO, Guilherme Valle Loures[1], (guilherme.loures@engenharia.ufjf.br) LUCHINI, Beatriz Cardoso[1](btrzcrds@gmail.com); HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz[1] (aparecida.hippert@ufjf.edu.br)
[1]Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

RESUMO
O forte aumento da impermeabilização do solo devido ao modelo de urbanização vigente altera o ciclo hidrológico das cidades, que veem seus sistemas de drenagem insuficientes e muitas vezes mal distribuídos. Visando reduzir o escoamento superficial e aumentar a permeabilidade do solo urbano, as esferas municipal e federal têm direcionado esforços para que, além de previstas legalmente as áreas permeáveis em terrenos urbanos, estas possam ser efetivamente ocupadas sem prejuízo de sua permeabilidade. Para que essa ocupação com maior variedade de usos seja possível, sugere-se a aplicação de pavimentos permeáveis de concreto, que atendem simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento e cujas estruturas permitem a percolação e/ou o acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial. Mediante o problema apresentado, tem-se por objetivo fornecer uma alternativa de sistematização e análise de dados equilibrando-se propriedades distintas segundo os preceitos da ABNT NBR 15575 em tipos de sistemas de pisos permeáveis. Para verificação da pertinência de aplicação apresentadas pela ABNT NBR16416:2015, que disciplina o tema, foi aplicado um método de decisão multicritério para escolha de revestimentos de piso através de matriz do tipo *analytic hierarchy process* (AHP). No preenchimento da matriz, possibilitando a comparação entre os sistemas, foram considerados aspectos técnicos de dois pavimentos intertravados e dois porosos. Aplicada a matriz e definidas as relações de pertinência, verificou-se a pluviosidade máxima para a cidade de Juiz de Fora – MG num período de 30 anos e também foram feitas as comparações de custo-benefício entre os tipos. Após estas análises, verificou-se que a pertinência de aplicação de cada tipo de piso, depende diretamente da intenção de projeto e da tolerância à formação de lâmina d'água. Conclui-se que embora ambos sistemas possibilitem uma melhora na drenagem, o pavimento intertravado de concreto apresenta melhor custo-benefício na situação analisada pelo método empregado.
Palavras-chave: Piso drenante; Pavimento permeável; *Analytic Hierarchy Process*; Matriz de decisão; Área ocupada permeável

A PERMEABLE PAVEMENT SYSTEM COMPARISON FOR EXTERNAL APLICATION TROUGH MULTICRITERIA DECISION SUPORT METHOD

ABSTRACT
The strong increase on soil impermeabilization due the current urban growth model changes the hydrologic cycle in cities, who watch their drainage systems become insufficient, inefficient and, sometimes, poorly distributed. Seeking a reduction on surface runoff and an increase on urban soil permeability, municipal and federal spheres of government have been directing efforts to raise occupation rates beyond those predicted by law without compromising the drainage capacity of

urban areas. In order to allow this change with a broad range of uses it is suggested the application of permeable concrete pavements, which can support both the mechanical and hydraulic loads while maintaining the traffic conditions and reducing superficial runoff by water storage inside the pavement's physical structure and/or superior drainage properties without damaging the actual structure. In front of the presented problem, this paper aims to provide an alternative on data analysis and systematization by comparing distinct properties on pavement alternatives previously selected. To ensure the application relevance following the ABNT NBR16416:2015 regulation, a multi criteria method based on an Analytic Hierarchy Process matrix was used. To fill the matrix technical aspects on two distinct pavement systems (two types of porous concrete and two types of interlocking concrete blocks) were considered to allow a comparison between both systems. After defining the relevance relations and applying the matrix, the maximum rainfall for the city of Juiz de Fora – MG in a 30 year period was considered to make the cost-benefit analysis in between both considered pavement systems. After that the application relevance to each pavement in this scenario was verified and it depends directly on each project intentions and the tolerance to superficial water layer formation. It is concluded that although both systems deliver an improvement on water drainage, the interlocking blocks presents a better cost-benefit upon the analyzed situation by this particular method.
Keywords: Draining paving; Permeable Paving; Analytic Hierarchy Process; Decision matrix; Permeable built surface

1. INTRODUÇÃO

O massivo aumento da impermeabilização do solo ocasionado pelo modelo de urbanização vigente altera o ciclo hidrológico no território das cidades, que veem seus sistemas de drenagem insuficientes e muitas vezes mal distribuídos e têm como principal consequência a ocorrência de inundações derivadas da urbanização. Tucci (2008) aponta que, em decorrência desses fatores, passa a ser "registrado o aumento das vazões máximas em várias vezes e da sua frequência em virtude do aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies".

O modelo atual de infraestrutura hídrica adotado nas cidades brasileiras tende a sobrecarregar as bacias subsequentes com aumento da vazão da água pluvial captada em episódios de chuva. Na gestão das cidades tem-se disponíveis instrumentos que preveem o gerenciamento das águas pluviais, embora esses tenham sua ação limitada frente as grandes alterações já ocorridas em áreas urbanas consolidadas (TUCCI, 2008).

A adoção de pisos permeáveis tem o potencial de minimizar esse efeito, ofertando a possibilidade de armazenamento das águas pluviais em sua base e posterior e gradual percolação no solo. Deste modo, tem-se a redução dos índices de escoamento superficial no solo que acarretam em enchentes e aproximando-se assim, do ciclo hidrológico não alterado pelo homem (BRUNO, AMORIN e SILVEIRA, 2013).

Com o intuito de focar em alternativas voltadas para aplicação no uso e ocupação do solo – excluída a estrutura viária – os revestimentos aqui analisados são o bloco maciço de concreto ou "*pavier*", por seu uso já disseminado, baixo custo e mão de obra abundante; e o piso drenante de concreto, que possui comprovadamente altas taxas de drenagem (PARRA e TEIXEIRA, 2015; LAMB, 2014; VIRGILIIS, 2009). Esse tipo de pavimento permeável é caracterizado por Baptista e Nascimento (2005 Virgilis, 2009), como "pavimentos porosos de infiltração com injeção distribuída"; isto é, em que a infiltração se dá pela superfície de revestimento do solo, não por sistema de coleta exclusivo, e que tem saída de água por infiltração no solo, não sendo esta dispersa por sistema coletor. O

mesmo autor ainda classifica as peças pré-moldadas em concreto poroso como componente *permeável* da camada superficial do pavimento (por sua capacidade drenante), e como componente semipermeável o piso intertravado, uma vez que a infiltração nesse se dá pelo espaçamento presente entre as peças, e não por sua superfície.

A ABNT NBR-15953 define como pavimento intertravado o "pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base, seguida por camada de revestimento constituída de peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento" define ainda que as "juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção" (ABNT, 2011). No que tange aos pavimentos permeáveis de concreto, que podem ser intertravados, em placas ou moldados *in loco*, a ABNT NBR 16416, define como concreto permeável o "concreto com vazios interligados que permitem a percolação de água por ação da gravidade" (ABNT, 2015). Requisitos mínimos, especificações de materiais e de manutenção e execução também são apresentados.

Embora se encontrem na literatura alguns comparativos entre o desempenho de pisos drenantes na redução do escoamento superficial (LAMB, 2014; PARRA e TEIXEIRA, 2015; VIRGILIIS, 2009), não são observados, nesses estudos, a relação entre a capacidade drenante desses e a média pluviométrica da região em que serão utilizados, seus custos de aquisição, instalação e manutenção, fatores esses que, quando ponderados, apresentam potencial de elucidar a decisão entre revestimentos e seu desempenho de acordo com as necessidades especificas do projeto.

É durante o processo de projeto que as características e necessidades do produto são definidas e, perpassa por esse processo, de forma a determinar o atendimento a essas, a definição dos meios para obtê-las. Segundo Detoni (1996) "a fase de planejamento do produto deve consistir, então, num estudo de determinação de alternativas mais adequadas aquele projeto em questão, analisando-se as suas peculiaridades e desejos dos clientes, a quem se destina".

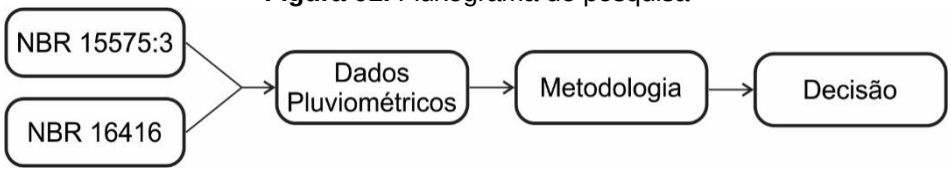
A presença de diversos atores nos processos decisórios e o conjunto de valores subjetivos desses faz parte da identificação do contexto, que necessita de estruturação. Piske (2002 apud Gondim, 2007) define que este "[...] corresponde a identificar progressivamente, de forma interativa, os pontos de vista nos quais se ligam e se agrupam os elementos inicialmente dispersos e, então, definir quais são os pontos de vista fundamentais". Participam ainda, segundo (DETONI, 1996), o subsistema de atores, com seus valores subjetivos, e o subsistema de ações, que, por sua concretude influenciam o juízo de valores dos intervenientes.

Diante a uma decisão que abranja múltiplos critérios muitas vezes as investigações baseadas apenas em uma análise superficial ou impostas apenas pela prática rotineira mostram-se insuficientes. Para o auxílio à solução de problemas complexos passaram a ser desenvolvidas, a partir da década 1970, técnicas de Apoio Multicritério a Decisão (AMD), que consistem em "um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões, sob a multiplicidade de critérios" (GOMES e GOMES, 2002 apud GONDIM, 2007).

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo verificar, através da utilização de matriz multicritério de decisão do tipo *Analytic Hierarchy Process* (AHP) direcionada à escolha de pavimentos, a relevância e custo-benefício da aplicação de dois sistemas distintos de pavimentos permeáveis de concreto para utilização externa, balizados pelas solicitações da norma de desempenho para sistemas de piso, tendo em vista os fatores previstos na ABNT NBR 15575 e NBR16416 – como resistência, custo de aplicação e manutenção – e ao atendimento aos maiores índices pluviométricos registrados nas normais climatológicas dos últimos 30 anos na cidade de Juiz de Fora - MG.

Figura 01. Fluxograma de pesquisa



Fonte: Autores.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Adotaram-se, como base metodológica, os procedimentos sugeridos por Detoni (1996) para aplicação de metodologia multicritério de apoio à decisão na definição de características de projetos de revestimentos de piso. A partir de revisão de referências e entrevistas com especialistas em projetos para a construção civil, Detoni propõe Requisitos (Pontos de Vista Fundamentais - PVF) e Critérios (Pontos de Vista Elementares - PVE) para aplicação em matriz que auxiliem na escolha do revestimento ideal em dada situação. Para desenvolvimento deste trabalho, propõe-se a atualização e complementação dos PVFs e PVEs, balizada pela ABNT NBR15573 – Edificações habitacionais — Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.

A princípio, identificaram-se os possíveis critérios que possam ter influência ou, por sua vez, são exigências normativas na escolha do método construtivo e organiza-se uma representação conceitual do modelo cognitivo de avaliação onde cada critério liga-se a outros segundo uma hierarquia (DETONI, 1996). Empregou-se, então, uma matriz de decisão do tipo AHP (SAATY, 2008), metodologia derivada do método de apoio multicritério à decisão, que procura fornecer soluções para problemas com múltiplas alternativas baseadas em diferentes critérios, estes conflitantes ou não (CAVALCANTE e MOREIRA, 2005 apud, PAMPLONA e FREITAS, 2012).

Para manter maior coesão de resultados, visto que análises de matrizes com mais de 10 critérios são desencorajadas pela literatura devido à falta de índices de consistência aleatória disponíveis, optou-se pela análise da inter-relação de PVFs em detrimento de uma análise mais minuciosa a partir dos PVEs individualmente. A relação dos PVFs e seus respectivos PVEs proposta por Detoni (1996) e adaptada pelos autores é apresentada no Quadro 01.

Embora a análise tenha sido executada a partir dos PVFs, devido ao fato dos PVEs serem um desdobramento dos primeiros, estes foram levados em consideração quando da atribuição das relações de importância relativa. Como o intuito dos autores era priorizar dados técnicos e tangíveis, além da grande possibilidade de discrepância de opiniões no público em geral, o “PFV3 – Satisfação Psicológica” foi desconsiderado para a análise devido à sua natureza subjetiva de avaliação. Para o fator permeabilidade, foi considerada pluviosidade máxima em 24h de 99.2mm, ocorrida em 01/01/1987, segundo dados climáticos de uma série histórica de 30 anos (1986-2015) da estação climática BDMEP-INMET OMM83692, localizada em Juiz de Fora – MG.

Quadro 01. Lista de Critérios para Projetos de Revestimentos de Pisos

Requisitos (PVFs)		Critérios (PVEs)	
PVF1	Custos de Aquisição e Colocação		
PVF2	Custos de Manutenção		
PVF3	Satisfação psicológica	PVE1	Status
		PVE2	Tradição do Material
		PVE3	Aplicação Diferenciada
		PVE4	Beleza do Material
PVF4	Construtibilidade	PVE5	Apoio Técnico
		PVE6	Cuidados Necessários com o Material
		PVE7	Facilidade de Colocação
PVF5	Resistência	PVE8	Resistência à água
		PVE9	Resistência a produtos químicos
		PVE10	Inalterabilidade de Cores
		PVE11	Resistência à Abrasão e a Impactos
		PVE12	Resistência à ação de insetos
		PVE13	*Resistência à Proliferação de Microrganismos*
PVF6	Segurança	PVE14	Antialérgico
		PVE15	Atóxico
		PVE16	Atrito necessário ao trânsito
		PVE17	*Desníveis abruptos e frestas*
		PVE18	*Arestas Contundentes*
PVF7	Conforto	PVE19	Conforto Acústico
		PVE20	Conforto Térmico
		PVE21	*Conforto Tátil*
PVF8	Manutenibilidade	PVE22	Facilidade de reparar e/ou substituir
		PVE23	Facilidade de limpeza
PVF9	*Acessibilidade*	*PVE24*	*Aplicação em área privativa*
		PVE25	*Aplicação em área comum*

Fonte: Detoni, 1996, adaptado pelos autores.
Legenda: Item Existente – *Item adicionado*

Depois de identificados todos os critérios-chave, estes foram organizados em estrutura matricial e comparados dois a dois, onde a avaliação desta comparação tem escala proposta por Saaty (2008), com valores variando entre 1 e 9, sendo o valor 1 correspondente a uma relação igualmente preferível e 9 uma relação extremamente preferida do critério C_1 em relação ao critério C_2. Ao fazer a comparação inversa, a relação também se mantém, conforme exemplificado na tabela 01

.

Tabela 01. Matriz de Requisitos (PVFs)

	PVF1	PVF2	PVF4	PVF5	PVF6	PVF7	PVF8	PVF9
PVF1	1	1/3	7	1/3	3	5	5	3
PVF2	3	1	7	1/3	5	5	7	3
PVF4	1/7	1/7	1	1/9	1/5	1/3	1/3	1/5
PVF5	3	3	9	1	5	7	7	5
PVF6	1/3	1/5	5	1/5	1	3	3	1/3
PVF7	1/5	1/5	3	1/7	1/3	1	3	1/3
PVF8	1/5	1/7	3	1/7	1/3	1/3	1	1/5
PVF9	1/3	1/3	5	1/5	3	3	5	1
SOMA	8 1/5	5 1/3	40	2 1/2	17 7/8	24 2/3	31 1/3	13

Fonte: Elaborada pelos autores.

Neste momento, seguindo a metodologia de Saaty (2008), esta matriz comparativa foi normalizada para que se obtivesse uma ideia matemática de quão mais importante um critério é sobre seus pares, visto que a escala fundamental nos dá apenas um referencial qualitativo sobre as comparações. Por exemplo, se o critério “A” influencia mais do que o critério “B” em relação ao objetivo, quão mais significativa é essa influência? Este tipo de pergunta é a essência dessas comparações (SANTOS e CRUZ, 2013).

Tabela 02. Normalização da matriz de requisitos (PVFs)

	PVF1	PVF2	PVF4	PVF5	PVF6	PVF7	PVF8	PVF9
PVF1	0,1218	0,0623	0,1750	0,1353	0,1679	0,2027	0,1596	0,2296
PVF2	0,3654	0,1868	0,1750	0,1353	0,2799	0,2027	0,2234	0,2296
PVF4	0,0174	0,0267	0,0250	0,0451	0,0112	0,0135	0,0106	0,0153
PVF5	0,3654	0,5605	0,2250	0,4059	0,2799	0,2838	0,2234	0,3827
PVF6	0,0406	0,0374	0,1250	0,0812	0,0560	0,1216	0,0957	0,0255
PVF7	0,0244	0,0374	0,0750	0,0580	0,0187	0,0405	0,0957	0,0255
PVF8	0,0244	0,0267	0,0750	0,0580	0,0187	0,0135	0,0319	0,0153
PVF9	0,0406	0,0623	0,1250	0,0812	0,1679	0,1216	0,1596	0,0765

Fonte: Elaborada pelos autores.

Esta contribuição é feita a partir do vetor de Eigen ou vetor de prioridade, obtido através da média aritmética de cada linha da matriz normalizada. Este vetor pode ser interpretado como o peso relativo de cada critério no processo de tomada de decisão (VARGAS, 2010 apud SANTOS e CRUZ, 2013).

Tabela 03. Vetor de Eigen para os PVFs

	PVF5	PVF2	PVF1	PVF9	PVF6	PVF7	PVF8	PVF4
Eigen (%)	34,08	22,48	15,68	10,43	7,29	4,69	3,29	2,06

Fonte: Elaborada pelos autores.

Como prova da consistência do processo de decisão, calculou-se o índice de inconsistência dos dados (CI), para que incongruências do tipo: se o critério C_1 é preferível a C_2 e este é preferível em

relação a C_3 seria inconsistente afirmar que C_3 é mais preferível a C_1. Para tal, calculou-se o autovetor de Eigen (λ_{max}) como sendo a média aritmética do somatório do produto de cada elemento da matriz de comparação com o vetor de Eigen, dividido por este último.
Saaty (2008) segue propondo que este índice de inconsistência deve então ser posto à prova numa relação de consistência (CR), composta da razão de CI com um índice de consistência aleatória definida em laboratório que varia em função do número de PVFs analisados. O valor de CR deve ser menor ou igual a 0,10 para que se considerem os julgamentos feitos na matriz de comparação como sendo válidos e consistentes.

Tabela 04. Índices de Consistência

CI	CR	Eigen max.
0,10	0,07	8,728

Fonte: Elaborada pelos autores.

O próximo passo foi comparar, critério a critério, as alternativas e materiais construtivos segundo os dados fornecidos pelo fabricante do material e as condições de execução de cada empreiteiro. De forma semelhante à comparação dos critérios, cada método construtivo e material pode ser analisado utilizando como balizador o peso relativo do critério em questão para a visão global da decisão. Este processo repete-se até que sejam findas as comparações de materiais frente a cada critério. A pontuação obtida pelo somatório das comparações de cada método elenca as alternativas possíveis para a tomada de decisão do problema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Posteriormente, foram pré-selecionados de acordo com a disponibilidade dos dados necessários à aplicação na matriz e facilidade de sua obtenção no mercado, duas amostras de pisos drenantes e duas amostras de pisos intertravados de concreto com propriedades listadas no quadro 02. Os revestimentos foram então balizados sob a luz de cada critério para análise de seu comportamento particular quando submetidos ao processo de decisão com foco no custo-benefício frente às demandas necessárias conforme ilustram a sequência de tabelas 05 e 06, que seguem a mesma metodologia de decisão aplicada nos PVFs anteriormente.

Quadro 02. Revestimentos analisados.

	Intertravado 1	Intertravado 2	Drenante 1	Drenante 2
Tráfego	Pedestre/Veículos pesados	Pedestre/Veículos pesados	Pedestre/Veículos Leves	Pedestre/Veículos Leves
Dimensões	10x20x06cm	20x10x06cm	40x40x08cm	40x40x08cm
Permeabilidade	100%	100%	100%	90,00%
Resistência	35MPa	35MPa	20MPa	30MPa
Juntas	Areia de Vedação	Areia de Vedação	Secas	Secas
Limpeza	Água/ Química	Água/ Química	Água	Água
IR (W/m²)	34,5	30,2	34,5	29,2
Preço / m²	R$ 45,00	R$ 43,50	R$ 72,50	R$ 75,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 05. Matriz comparativa das alternativas à luz do critério Resistência (PVF5)

	Intertravado 1	Intertravado 2	Drenante 1	Drenante 2
Intertravado 1	1	1	7	5
Intertravado 2	1	1	7	5
Drenante 1	1/7	1/7	1	1/3
Drenante 2	1/5	1/5	3	1
Soma	2 1/3	2 1/3	18	11 1/3

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 06. Matriz comparativa das alternativas à luz do critério Resistência (PVF5)

	Intertravado 1	Intertravado 2	Drenante 1	Drenante 2	Eigen	%
Intertravado 1	0,43	0,43	0,39	0,44	0,4209	42,09%
Intertravado 2	0,43	0,43	0,39	0,44	0,4209	42,09%
Drenante 1	0,06	0,06	0,06	0,03	0,0517	5,17%
Drenante 2	0,09	0,09	0,17	0,09	0,1064	10,64%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Procedimento semelhante foi realizado com os demais requisitos, entretanto, os valores de Eigen resultantes serão sistematizados numa tabela única apresentada no item de discussão dos resultados deste artigo. Para a sistematização dos dados foi realizado um cálculo constituído pelo somatório do produto entre o valor de Eigen para o critério e o valor de Eigen normalizado de cada alternativa de revestimento. A elaboração desta tabela nos permite visualizar não somente a importância relativa de cada critério aplicado nos revestimentos testados, mas também identificar de forma definitiva a melhor opção para solucionar o problema estudado.

Tabela 07. Matriz resultante da comparação multicritério.

PVF	Eigen	Intertravado 1	Intertravado 2	Drenante 1	Drenante 2
PVF5 – Resistência	0,3408	**0,4209**	**0,4209**	0,0517	0,1064
PVF2 – Custos de Manutenção	0,2248	0,1250	0,1250	**0,3750**	**0,3750**
PVF1 – Custos de Aquisição (...)	0,1568	0,1974	**0,5068**	0,1092	0,1865
PVF9 – Acessibilidade	0,1043	0,1250	0,1250	**0,3750**	**0,3750**
PVF6 – Segurança	0,0729	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
PVF7 – Conforto	0,0469	**0,3179**	0,2810	**0,3179**	0,0832
PVF8 – Manutenibilidade	0,0329	0,1250	0,1250	**0,3750**	**0,3750**
PVF4 – Construtibilidade	0,0206	0,1250	0,1250	**0,3750**	**0,3750**
∑ Eigen critério x Eigen alternativa		0,2554	**0,3021**	0,2114	0,2311

Fonte: Elaborada pelos autores.

As importâncias relativas entre critérios no preenchimento de matrizes desta natureza são sempre influenciadas pelas necessidades identificadas de cada problema e, portanto, sujeitas ao julgamento pessoal dos autores que, na construção deste trabalho, priorizaram características relacionadas à permeabilidade, custo e resistência, visto que o objetivo apresentado é a seleção de um revestimento externo com capacidades drenantes suficientes. Vale ressaltar que os requisitos de drenagem estabelecidos neste caso consideram a possibilidade de formação de lâmina d´água, uma vez que a intenção final é possibilitar a ocupação de áreas externas residenciais uni ou multifamiliares sem o entrave da perda de permeabilidade da superfície, regulada por legislação urbanística.

À luz dos critérios PVF5, PVF2, PVF1 e PVF9 (ver Quadro 01), considerados mais importantes após estimativa de valor de Eigen pela matriz global de critérios e que compõem mais de 75% do total, constata-se que os pisos intertravados recebem a vantagem da maior resistência e menores custos de aquisição. Entretanto, no que tange a custos de manutenção e acessibilidade, a vantagem é dos pisos drenantes que apresentaram manutenção mais barata devido ao método construtivo com juntas a seco, que possibilitam limpeza e substituição mais fáceis e menor desnível entre peças adjacentes, maximizando o quesito acessibilidade.

Mediante a análise dos dados gerados pelo processo hierárquico, podemos então visualizar numericamente na tabela 07 a alternativa mais indicada dentre as analisadas pelo processo AHP e apresentá-la como solução para o problema proposto. Esta relação final foi gerada através de várias etapas de análise par a par entre critérios e alternativas entre si e também a segundo a luz de critérios isolados comparando as especificações técnicas das diversas alternativas de materiais.

Verifica-se que a alternativa Piso Intertravado 2 possui a maior compatibilidade com as exigências de projeto, seguido pelo Piso Intertravado 1, Piso Drenante 2 e Piso Drenante 1, respectivamente. Verificou-se também que os pisos drenantes atentem melhor a um número maior de PVFs, entretanto estes não se mostraram significativos no processo de seleção por apresentarem baixos valores de Eigen, sendo o fator Custo de Aquisição e Colocação determinante no mecanismo de seleção.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou inserir nos estudos do Ambiente Construído uma metodologia expressiva de apoio à decisão, porém pouco utilizada e abordada em trabalhos do campo fornecendo uma ferramenta eficaz na solução de fatores diversos que envolvem a especificação de produtos na construção civil. Embora a aplicação da metodologia tenha sido direcionada a pisos com capacidade drenante, é possível e trivial a extrapolação do método para outras demandas presentes no projeto e materialização de empreendimentos.

Por fim, conclui-se que uso de matrizes de decisão por processo analítico hierárquico mostra-se pertinente na solução de problemas complexos diversos no ramo do ambiente construído devido às amplas inter-relações que possibilita. Quando o problema envolve mais que 12 variáveis de critério, a literatura mostra-se deficiente em prover dados confiáveis de obtenção dos coeficientes inconsistência aleatória. Embora este fato limite o horizonte de aplicações, deve-se ressaltar que a análise comparativa simultânea de um número tão expressivo de variáveis se mostra uma poderosa ferramenta de auxílio à tomada de decisões. Esta limitação no número de variáveis possibilita ainda um olhar mais claro e consistente durante a escolha dos critérios a serem adotados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora, à CAPES/CNPQ e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15953: Pavimento intertravado com peças de concreto - Execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. NBR 15575:3 Edificações Habitacionais – Desempenho – Requisitos para o sistema de pisos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRUNO, L. O.; AMORIM, R. S. S.; SILVEIRA, A. Estudo da redução do escoamento superficial direto em superfícies permeáveis. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.18, n.2, p.237-247, 2013.

DETONI, M. M. M. L. Aplicação de metodologia multicritério de apoio à decisão na definição de características de projetos de construção. Florianópolis, p.184,1996. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina.

GONDIM, I. A. Modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de revestimentos de fachadas. Porto Alegre, 180p. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LAMB, G. S. Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável. Porto alegre, 150p.,2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PAMPLONA, B. L.; FREITAS, F. F. T: Aplicação do Método AHP na escolha do tipo de concreto a ser utilizado na construção civil. Anais do XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves - RS, 2012.

PARRA, G. G.; TEIXEIRA, B. A. do N.. Análise da permeabilidade e dos métodos de instalação de pavimentos permeáveis contidos em artigos científicos e em catálogos Técnicos. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades. V.3, n.15, 2015.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 2008.

SANTOS, L. F.; CRUZ, R. B. C.: O Uso do Método AHP na Tomada de Decisão para Seleção de Sistemas de Lajes de Edifícios Comerciais. In: Engenharia Estudo e Pesquisa. ABPE, v. 13 - n. 1 - p. 39-52 - jan./jun. 2013.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. Estudos avançados. V.22, p.97-112. Porto Alegre: 2008.

VIRGILIIS, A. L. C. de. Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias. São Paulo, 185p., 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

282 QUANTIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS

ROCHA, Paloma[1](palomakrocha@gmail.com); TANCREDI, Thaynara*[2] *(thaytancredi@yahoo.com.br); MENNA BARRETO, Maria Fernanda*[3](mfmennabarreto@gmail.com)*

[1] Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Brasil
[2] Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Brasil
[3] Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

Sendo parte complementar a vedação de fachadas, o revestimento externo de uma edificação é de suma importância, não só pelo efeito estético, mas também pela sua influência na vida útil da estrutura. Portanto, para escolha desse material, deve-se levar em conta tanto sua aparência quanto sua durabilidade, custo, frequência de manutenção, facilidade e atualização do acabamento. Dentre os diversos revestimentos de fachada, um dos principais é o cerâmico. Sendo assim, este trabalho buscou fazer um levantamento quantitativo do uso de revestimento cerâmico em fachadas de edifícios residenciais comparativamente a outros revestimentos para verificar a frequência na escolha daqueles, bem como avaliar seu estado atual de acordo com o tempo de uso da edificação e sua manutenção, e apontar as principais manifestações patológicas existentes e de maior incidência. Para isso, foi realizado um estudo nos edifícios residenciais já concluídos dos principais bairros da cidade de Cuiabá/Mato Grosso/Brasil. Notou-se que o revestimento cerâmico é um dos revestimentos de fachada mais utilizados, apresentando diversas manifestações patológicas, cuja principal é o descolamento. Algumas manifestações patológicas já se apresentam desde poucas idades das edificações.

Palavras-chave: Revestimento externo; revestimento cerâmico; manifestação patológica; fachadas.

QUANTIFICATION, EVALUATION AND SURVEY OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN CERAMIC COATINGS FACADES

ABSTRACT

As a complementary part of the facade sealing, the external covering of a building is of great importance, not only for the aesthetic effect, but also for its influence on the lifespan of the structure. Therefore, in order to choose this material, its appearance, durability, costs, frequency of maintenance, ease and finishing update must be taken into account. Among the various facade claddings, the ceramic is the main one. Therefore, this study sought to make a quantitative survey of the use of ceramic coating on facades of residential buildings compared to other coatings to verify the frequency in the choice of those, as well as evaluate their current state according to the time of use of the building and its maintenance, and to point out the main existing pathological manifestations and the ones with higher incidence. For this, a study was carried on already completed residential buildings in the main neighborhoods of the city of Cuiabá/Mato Grosso/Brazil. It was noted that the ceramic coating the most used facade coating, presenting several pathological manifestations, the main one of which is detachment. Some of these manifestations have appeared since the early ages of the buildings.

Keywords: External coating; ceramic coating; pathological manifestation; facades.

1. INTRODUÇÃO

A NBR 13.816 (ABNT, 1997) define revestimento cerâmico como sendo o conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte. Quando presente nas fachadas de edificações, tais revestimentos constituem parte integrante de sua vedação, contribuindo para a durabilidade da estrutura como um todo e devendo exercer funções como, entre outras, proteção e estanqueidade (SABBATINI, 1990).

O planejamento e o revestimento apropriado, além da qualidade dos procedimentos e materiais de construção, assentamento e manutenção, são conceitos imprescindíveis a uma superfície durável e de qualidade (REBELO, 2010). Deste modo, ao escolher esse tipo de revestimento é de suma importância observar os aspectos que o compõem, pois, além de promover um ambiente esteticamente agradável, COSTA e MEIRA (2004) ainda afirmam que, quando bem aplicado, o revestimento cerâmico apresenta propriedades como boa durabilidade, facilidade de limpeza, qualidade do acabamento final, proteção dos elementos de vedação, isolamento térmico e acústico, estanqueidade da parede e segurança ao fogo.

Esse tipo de sistema tem tido um desenvolvimento significativo atualmente, devido às inovações tecnológicas nas indústrias cerâmicas e dos materiais de aplicação, porém nem todos esses avanços têm sido adequadamente acompanhados pelos envolvidos no processo de construção (SILVESTRE E BRITO, 2011). Somado a isso, a ausência de normas que contemplem requisitos de projeto é uma das maiores queixas dos especialistas (CICHINELLI, 2006). Sendo assim, a falta de conhecimento e informação pode ser a principal causa dos fenômenos patológicos que ocorrem no sistema em questão (LIMA, 1998), cujo aumento na ocorrência, segundo MEDEIROS (1999), está associado às especificações de projeto, ao assentamento e à manutenção, na maioria dos casos.

As patologias nesse tipo de revestimento podem se manifestar de diversas maneiras, contudo todas resultam na impossibilidade de comprimento das finalidades para as quais foram idealizadas. Dentre as principais manifestações patológicas, destacam-se:

a) Descolamentos - são caracterizados pela perda de aderência das placas cerâmicas do substrato, ou da argamassa colante, quando as tensões surgidas no revestimento cerâmico ultrapassam a capacidade de aderência das ligações entre a placa cerâmica e argamassa colante e/ou emboço (ROSCOE, 2008);
b) Manchas - crescimento de fungos filamentosos sobre um dado substrato. Neste, a formação do bolor causa o aparecimento de manchas que se caracterizam, principalmente, por cores escuras de tonalidades preta, marrom e verde. Em menor frequência aparecem manchas esbranquiçadas ou amareladas (SHIRAKAWA et al, 1995);
c) Deterioração das juntas - afeta diretamente as argamassas de preenchimento das juntas de assentamentos (rejuntes) e de movimentação, compromete o desempenho dos revestimentos cerâmicos como um todo, já que estes componentes são responsáveis pela estanqueidade do revestimento cerâmico e pela capacidade de absorver deformações (ROSCOE, 2008,).
d) Eflorescências - são caracterizadas pelo depósito cristalino de cor esbranquiçada que compromete a estética do revestimento. Para o surgimento de eflorescências em cerâmicas, assim como em argamassas, é necessária ação conjunta de sais solúveis, presença de água e porosidade do componente do revestimento (GROFF, 2011).

Independente às formas de manifestação, CASIMIR (1994) aponta que as falhas, geralmente, não ocorrem devido a um único fator, mas provavelmente de uma combinação destes, visto que podem

ter origem em um enorme gama de causas, em função da complexidade dos vários subsistemas envolvidos inerentes aos processos construtivos.
A deficiência em mão de obra qualificada para execução do serviço somado aos cuidados também nas fases de projeto e manutenção são determinantes para a vida útil da construção, porém a idade avançada, baixa frequência ou nenhuma manutenção e escassos cuidados inerentes ao uso e ocupação do empreendimento estão intimamente ligados a probabilidade de ocorrência de manifestações patológicas, as quais são onerosas e difíceis de recuperar.
Diante deste cenário e da preocupação de grandes construtoras, houve uma intensificação da discussão do tema de patologias de fachadas com revestimento cerâmico, visto a importância do aprimoramento das técnicas construtivas e dos métodos de gerenciamento e controle de qualidade desse sistema.

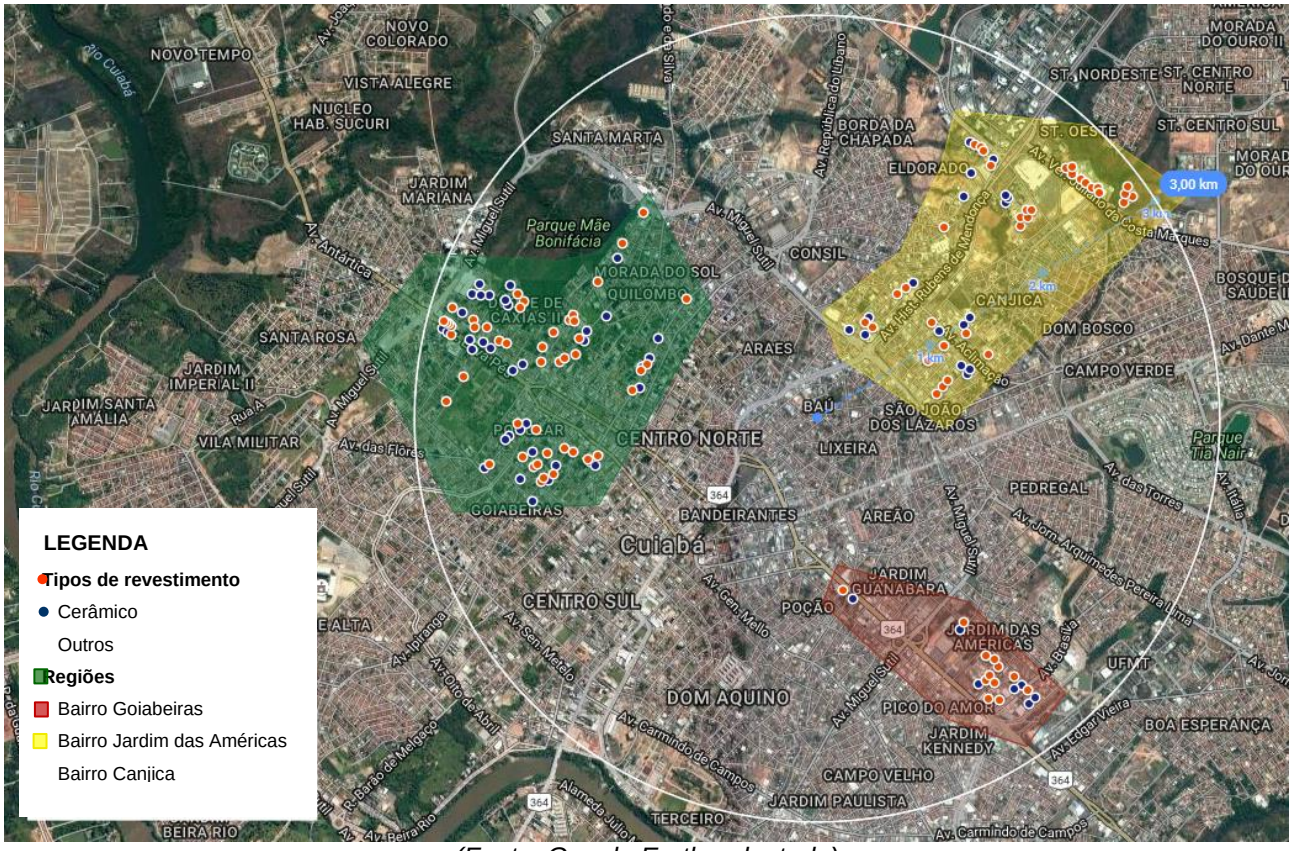
2. OBJETIVO

Tem-se como objetivo quantificar o uso de revestimento cerâmico em fachadas de edifícios residenciais multipavimentados comparativamente a outros revestimentos, de forma a verificar a frequência na escolha daqueles, bem como avaliar seu estado atual de acordo com o tempo de uso da edificação e sua manutenção, apontando as principais manifestações patológicas existentes e de maior incidência na cidade de Cuiabá/Mato Grosso/Brasil.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método empregado consistiu em um estudo prévio dos tipos de revestimentos de fachadas, bem como as manifestações patológicas de maior incidência.
Em seguida, realizou-se um levantamento quantitativo do tipo de revestimento utilizado nos edifícios em estudo, visando diferenciar os revestimentos cerâmicos dos demais. Assim, por meio de inspeção visual, a olho nu e com auxílio de binóculos, e registros fotográficos, foram identificadas e apontadas as manifestações patológicas de maior ocorrência nas fachadas, permitindo assim uma avaliação do estado de conservação geral dos edifícios.
Informações adicionais eram coletadas, como idade do edifício em questão, construtora, bem como a ocorrência ou não de manutenção. Os edifícios foram classificados de acordo com sua faixa etária em intervalos de 0 a 5 anos; 6 a 10 anos; 11 a 15 anos; 16 a 20 anos; e mais de 21 anos. Tal classificação foi empregada na avaliação do estado atual de uso das edificações em relação à sua idade.
O levantamento de dados foi realizado no mês de outubro de 2016 nas regiões de maior concentração de edifícios residenciais na cidade de Cuiabá/Mato Grosso/Brasil: bairros vizinhos ao Jardim das Américas, Canjica e Goiabeiras, em um raio de 3 quilômetros entre si (Figura 1), de forma a não apresentar influências externas, como diferença de temperatura e umidade, que pudessem afetar os resultados do estudo.

Figura 1. Definição das áreas de estudo para o levantamento de dados (Fonte: Google Earth).



(Fonte: Google Earth, adaptado)

Para realização desta pesquisa, utilizou-se uma amostra de 147 empreendimentos, limitando-se a edifícios residenciais já concluídos com mais de dez pavimentos de diferentes idades nas regiões indicadas na Figura 1.

Dessa forma, pôde-se mostrar através de gráficos e planilhas, a classificação dos edifícios estudados a partir do seu tipo de revestimento de fachada e, considerando os que possuem revestimento cerâmico, foram identificadas as manifestações patológicas e a frequência de ocorrência dessas, relacionando-as ao tempo de vida da construção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 e na Figura 2 estão caracterizados os empreendimentos pesquisados segundo o local e a faixa etária. Dos 147 empreendimentos pesquisados, 19 estão localizados na região do Jardim das Américas, 48 na região da Canjica e 80 na região do Goiabeiras, sendo a maioria dos edifícios com tempo de uso na faixa etária de mais de 20 anos.

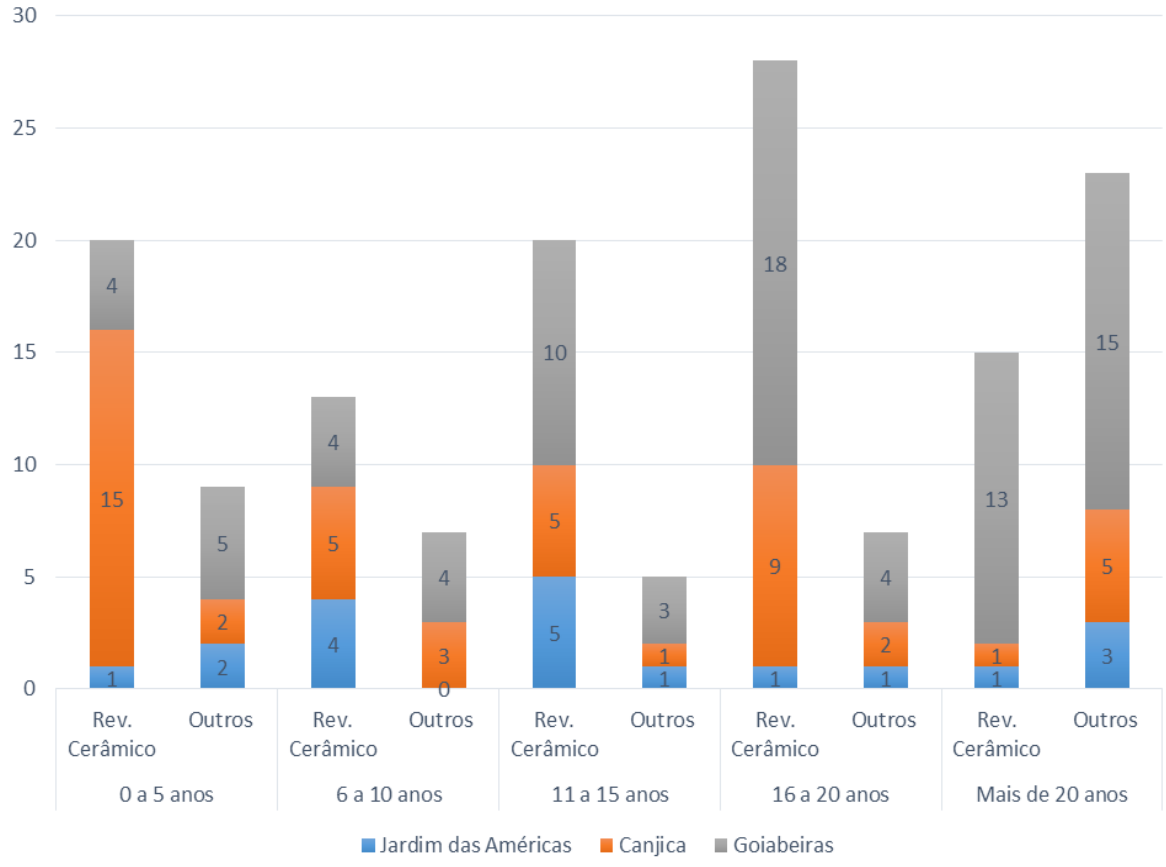
Constatou-se, no geral, que o revestimento cerâmico é o de maior representação nas fachadas dos empreendimentos pesquisados, visto que 96 (65,3%) edifícios da amostra apresentaram esse tipo de revestimento frente aos 51 (34,7%) de outros revestimentos.

Tabela 1. Caracterização segundo local, tempo de utilização e tipo de revestimento dos empreendimentos

	0 a 5 anos		6 a 10 anos		11 a 15 anos		16 a 20 anos		Mais de 20 anos		TOTAL
	Rev. Cerâmico	Outros	Rev. Cerâmico	Outros	Rev. Cerâmico	Outros	Rev. Cerâmico	Outros	Rev. Cerâmico	Outros	
Jardim das Américas	1	2	4	0	5	1	1	1	1	3	19
Canjica	15	2	5	3	5	1	9	2	1	5	48
Goiabeiras	4	5	4	4	10	3	18	4	13	15	80
TOTAL	13,61%	6,12%	8,84%	4,76%	13,61%	3,40%	19,05%	4,76%	10,20%	15,65%	**147**
	19,73%		13,61%		17,01%		23,81%		25,85%		100%

(Fonte: acervo dos autores)

Figura 2. Caracterização do tipo de revestimento de acordo com localização e tempo de uso.



(Fonte: acervo dos autores)

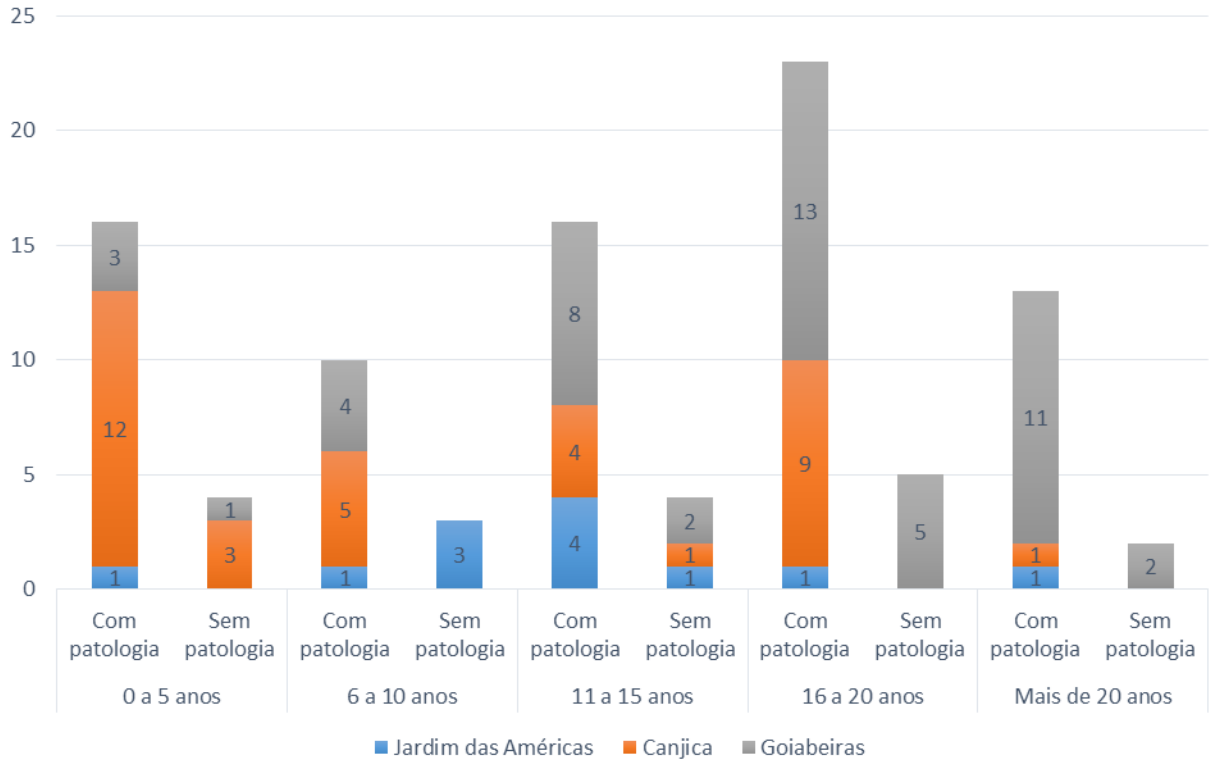
Dentre os edifícios com elementos cerâmicos, foi analisada, ainda, a incidência ou não de manifestações patológicas aparentes. A Tabela 2 e a Figura 3 mostra a ocorrência dessas manifestações entre os edifícios estudados.

Tabela 2. Incidência de patologia nos edifícios com fachada cerâmica na cidade de Cuiabá/MT

	0 a 5 anos		6 a 10 anos		11 a 15 anos		16 a 20 anos		Mais de 20 anos		TOTAL
	Com patologia	Sem patologia	Com patologia	Sem patologia	Com patologia	Sem patologia	Com patologia	Sem patologia	Com patologia	Sem patologia	
Jardim das Américas	1	0	1	3	4	1	1	0	1	0	12
Canjica	12	3	5	0	4	1	9	0	1	0	35
Goiabeiras	3	1	4	0	8	2	13	5	11	2	49
% dentro da faixa etária	80,00%	20,00%	76,92%	23,08%	80,00%	20,00%	82,14%	17,86%	86,67%	13,33%	**96**

(Fonte: acervo dos autores)

Figura 3. Incidência de patologia nos edifícios com fachada cerâmica na cidade de Cuiabá/MT.



(Fonte: acervo dos autores)

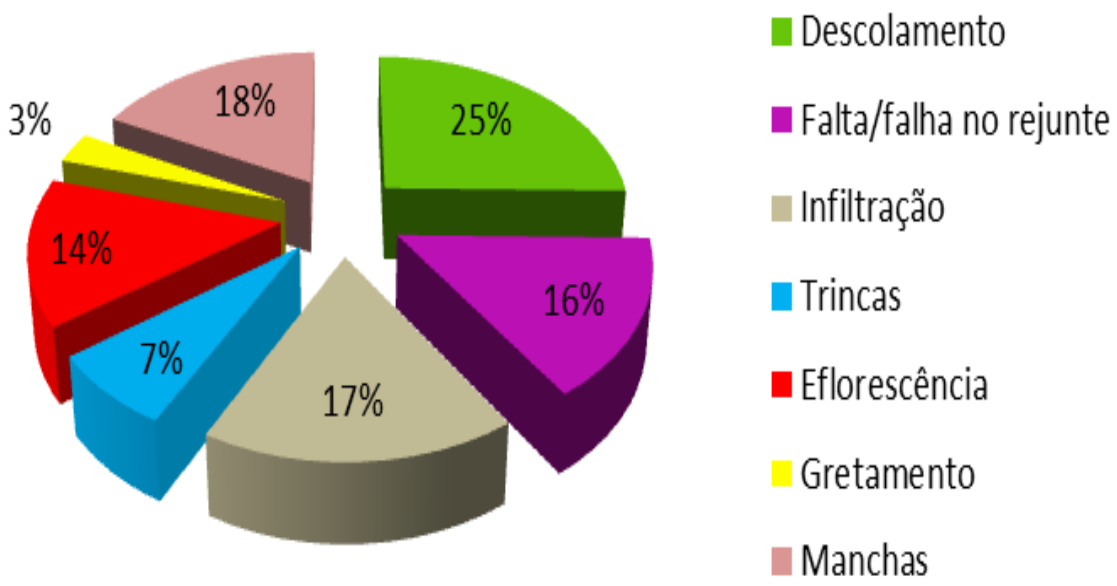
Observa-se, a partir do exposto, que a maioria (80,2%) dos edifícios com fachadas em revestimentos cerâmicos possuem algum tipo de manifestação patológica e apenas 18 (19,75%) não apresentaram. Esse percentual é ainda mais evidente na região do Goiabeiras, fato esse que

pode ser relacionado a quantidade e tempo de vida dos edifícios com fachadas cerâmicas presentes nessa região.

Era esperado que quanto maior o tempo de uso dos empreendimentos, tanto maior seria sua incidência de manifestações patológicas. No entanto, independentemente da idade do empreendimento, aproximadamente 80% das edificações apresentaram manifestações patológicas quando comparadas às edificações da sua faixa etária. Nota-se que, isso ocorre desde às primeiras idades (0 a 5 anos), chamando atenção para o envelhecimento precoce e necessidade de manutenção mais recorrente.

A Figura 4 mostra a distribuição das principais manifestações patológicas encontradas e suas incidências.

Figura 4. Distribuição percentual das patologias encontradas nos edifícios com fachada cerâmica.



(Fonte: acervo dos autores)

Nota-se que a manifestação patológica de maior incidência foi o descolamento, com um percentual de 25%, cuja ocorrência além de prejudicar a estética e desempenho da edificação, pode causar acidentes graves com a queda do revestimento de grandes alturas. Há uma preocupação nacional a respeito desta manifestação patológica e em Cuiabá isso não foi diferente. Observa-se que esse tipo de patologia ocorre tanto de forma dispersa, em pequenas áreas distribuídas por toda a fachada, como de forma generalizada, tomando quase toda uma face do edifício, conforme exposto na Figura 5.

Figura 5. Fachadas com presença de descolamento de elementos cerâmicos.



(Fonte: acervo dos autores)

Observou-se também que o índice de ocorrência de descolamento era maior na face da fachada voltada ao norte, a qual recebe incidência solar por mais tempo e de forma mais direta durante todo o dia, o que justifica uma variação térmica maior e, consequentemente, uma maior dilatação no elemento cerâmico, causando seu descolamento.
Seguidamente aos descolamentos, têm-se as manchas com 18% de ocorrência, infiltração (17%) e deterioração das juntas (16%). Na Figura 6 tem-se um exemplo da ocorrência dessas diversas manifestações patológicas em uma mesma fachada.

Figura 6. Fachada com diversas manifestações patológicas.



(Fonte: acervo dos autores)

Também com valor próximo e intimamente ligado às manifestações patológicas anteriormente citadas, a eflorescência mostrou incidência significativa (14%) nos edifícios analisados, conforme exposto na Figura 7.

Figura 7. Fachada com presença de eflorescência nos elementos cerâmicos



.

(Fonte: acervo dos autores)

5. CONCLUSÃO

Considerando todas as manifestações nas fachadas com revestimento cerâmico, a maior parte das patologias observadas se mostrou no sistema de assentamento e rejuntamento dos elementos cerâmicos, fato que pode ter levado à ocorrência das demais patologias, isto porque, no rejuntamento para revestimentos externos cerâmicos, a flexibilidade é a principal exigência de desempenho, visto que os elementos tendem a se movimentar de acordo com as variações de temperatura e umidade do ambiente, cabendo então ao rejunte possibilitar que as placas cerâmicas trabalhem individualmente, acomodando qualquer deformação imposta.
Outra exigência importante do sistema, é conferir estanqueidade à edificação, porém, com o desgaste do rejuntamento, atrelado a falhas ou até mesmo completa falta de manutenção, infiltrações de água resultam em degradação do emboço e um futuro descolamento da placa cerâmica, gerando o custo e o desperdício de materiais de uma posterior recuperação da fachada. Pode-se considerar esse um reflexo da pouca importância dada à produção dos revestimentos de fachada, geralmente não tratada como um assunto estritamente técnico em comparação aos projetos estruturais e acompanhamento tecnológico do concreto, por exemplo. A partir desse cenário, torna-se evidente a importância de um projeto de fachadas adequado, com especificações e direções construtivas, em conjunto com manutenções periódicas, de forma a possibilitar uma maior vida útil às fachadas cerâmicas, uma menor geração de resíduos e desperdícios no sistema construtivo, levando a estruturas mais eficientes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).

_____**NBR 13755 – Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1996.

_____**NBR 13816 – Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia.** Rio de Janeiro, 1997.

CASIMIR, C. **Testing, evaluation and diagnostics.** In: International Conference on Building Envelope Systems and Technology. Singapore, 1994. p. 79-84.

CICHINELLI, G. **Projetos - Patologia cerâmicas**. Téchne. Edição 116. PINI. São Paulo, 2006.

COSTA, A. K. O.; MEIRA, A. R. **Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas: o caso do Edifício-sede da Justiça Eleitoral da Paraíba**. João Pessoa: Principia, n.11, set. 2004.

FANTINI, P.R. **Patologias em revestimentos cerâmicos em escolas de Maringá-PR**. 2010. Monografia (Especialização em construção civil). Universidade Federal do Paraná, Maringá.

GOOGLE INC. **Google My Maps**. Version 2.1. 2016. Definição das áreas de estudo para o levantamento de dados quanto aos tipos de revestimento. Disponível em: <https://maps.google.com/?hl=pt-BR>. Acesso em: 9 nov. 2016.

GROFF, C. **Revestimentos em fachadas: análise das manifestações patológicas nos empreendimentos de construtora em Porto Alegre.** 2011. 73 f. Tese (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LIMA, L. C. **Materiais cerâmicos para revestimento: considerações sobre produção e especificação**. 1998. Tese (Mestrado). Escola de Engenharia de São Paulo, São Carlos.

MEDEIROS, J. S. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachada de edifícios**. São Paulo, 1999. 458p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ROSCOE, M.T. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada**. 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

REBELO, C.R. **Projeto e execução de revestimento cerâmico – interno**. 2010. Monografia (Especialização em construção civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SABBATINI, F. H. **Tecnologia e execução de revestimentos de argamassa**. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, 13. Campinas, 1990: Concrelix, 1990. Disponível em: <http://pcc2436.pcc.usp.br>. Acesso em: 14 nov. 2016.

SILVESTRE, J. D; BRITO, J. de. **Ceramic tiling in building façades: Inspection and pathological characterization using an expert system.** In: Construction and Building Materials. n. 25. 2011. p. 1560-1571.

SHIRAKAWA, M. A. et al. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1995, Goiânia. Anais... Goiânia: ANTAC, 1995. p. 402-410.

293. AVALIAÇÃO DO USO DE FIBRA CELULÓSICA CONTENDO POLÍMERO SUPERABSORVENTE RESIDUAL COMO AGENTE DE CURA INTERNA EM MATRIZ DE CIMENTO PORTLAND

KOPPE, Angélica[*1](angelicakoppe@gmail.com); MANCIO, Mauricio[1] (mancio@unisinos.br); ROCHA, Tatiana L. A. C.* [1] (tlavila@unisinos.br), BREHM, Feliciane[1] (felicianeb@unisinos.br)*
[1] Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Fissuras decorrentes de falta de cura e retração excessiva estão entre os principais responsáveis pela redução da durabilidade em estruturas de concreto. Considerando a pressão cada vez maior pelo aumento da velocidade de execução das obras, estas tendem a piorar uma vez que se têm falhas no sistema de pós-concretagem, principalmente a falta da prática da cura úmida. Pesquisas abordando o uso de cura interna, prática na qual se incorpora à matriz cimentícia materiais capazes de reter água e liberá-la de forma gradativa ao logo do período de cura, vêm crescendo principalmente para o uso de concretos de alto desempenho, contudo concretos convencionais também são esquecidos na prática de cura úmida. Materiais como os polímeros superabsorventes são capazes de reter grandes taxas de água em sua estrutura e liberar em meio a ambientes com pH elevado, tornando-se promissores para a técnica de cura interna. Com o objetivo de avaliar o uso de fibra celulósica contendo polímeros superabsorventes adquiridos de forma residual (PSAR), como agentes de cura interna em matriz cimentícia convencional, o presente estudo apresenta análises de resistência mecânica e controle de retração e fissuração inicial de argamassas curadas a 100%, 60% e 30% de umidade relativa (UR). A partir dos resultados alcançados observou-se que o uso de PSAR apresenta elevado potencial para ser utilizado como agente de cura interna, visto que: (a) atua na diminuição da relação a/c, devido ao seu efeito plastificante quando pré-saturado, (b) não prejudica a resistência mecânica quando dosado corretamente, e (c) propicia uma diminuição considerável na retração e na fissuração de matrizes cimentícias em idades iniciais. Com base nos resultados é possível afirmar que o uso de PSAR de forma adequada proporciona efeito de cura interna, melhorando a matriz cimentícia e contribuindo para uma melhor durabilidade das estruturas.
Palavras-chave: Cura do concreto; Cura interna, Polímero superabsorvente, Polímero Superabsorvente residual.

EVALUATION OF THE USE OF CELLULOSIC FIBER CONTAINING RESIDUAL SUPERABSORVENT POLYMER AS AN INTERNAL CURE AGENT IN PORTLAND CEMENT MATRIX

ABSTRACT
Cracks due to lack of cure and excessive shrinkage are among the main factors responsible for the reduction of durability in concrete structures. Considering the increasing pressure for the speed of execution of the works, these tend to worsen since there are failures in the post-concreting system, mainly the lack of humid cure practice. Research on the use of internal curing, a practice in which the cement matrix incorporates materials capable of retaining water and releasing it in a gradual way at the time of the curing period, has been growing mainly for the use of high performance concretes,

however conventional concretes are also forgotten in the practice of damp healing. Materials such as superabsorbent polymers are able to retain large water rates in their structure and release in environments with high pH, making them promising for the internal curing technique. In order to evaluate the use of cellulose fiber containing residual superabsorbent polymers (PSAR), as internal curing agents in conventional cementitious matrix, the present study presents mechanical resistance analysis and retraction control and initial cracking of cured mortars 100%, 60% and 30% relative humidity (RH). From the obtained results it was observed that the use of PSAR presents high potential to be used as internal curing agent, since: (a) it acts in the decrease of the a / c ratio, due to its plasticizing effect when pre-saturated, (B) does not impair mechanical strength when dosed correctly, and (c) provides a considerable decrease in retraction and cracking of cementitious matrices at early ages. Based on the results it is possible to affirm that the use of PSAR in an adequate way provides internal curing effect, improving the cement matrix and contributing to a better durability of the structures.
Keywords: Concrete curing; Internal cure, Superabsorbent Polymer, Residual Superabsorbent Polymer.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de modernização de tecnologias na área da construção civil, vinculada à preocupação de grandes impactos ambientais, tem impulsionado o setor a desenvolver, principalmente, novos processos de execução, a fim de alcançar praticidade e, ao mesmo tempo, sustentabilidade nas construções. Tal fato é impulsionado pelo cenário construtivo e ecológico atual, não condizente com o cenário econômico que vem solicitando rapidez e versatilidade junto à necessidade de adaptação e melhoria do modo como se extai, prepara e utiliza a matéria da natureza.

O concreto, largamente utilizado em todo mundo, com uma produção anual de aproximadamente 33 bilhões de toneladas (MEHTA, MONTEIRO, 2014), atua na modernização, praticidade e na agilidade da execução de obras. Sua utilização é vasta, podendo ser, principalmente, em obras estruturais ou em obras de concreto massa. No entanto, independente da utilização, sofre com manifestações patológicas recorrentes da falta de cuidados na execução e pós-execução. Fissuras, expansibilidade, rachaduras, contrações térmicas são comuns quando há falhas no sistema de pós concretagem, como a falta de cura, ainda mais quando envolve cimentos com resistências e finuras elevadas (HELENE, LEVY, 2013; MEHTA, 2001).

A cura do concreto é responsável por manter a umidade necessária para a correta hidratação das partículas de cimento, além de proteger a superfície dos elementos estruturais de temperaturas elevadas, dessecação e desgaste prematuro (FIGUEIREDO et al., 2008). Mehta e Monteiro (2014) atribuem melhores resistências mecânicas e melhores propriedades microestruturais às estruturas de concreto quando se realiza uma cura adequada. Entretanto, se não realizada esta etapa, há falhas na formação microestrutural e uma perda de percentual de ganho de resistência mecânica de até 50%. Além disso, as características superficiais também são afetadas, acarretando em porosidade na estrutura, e, consequentemente, gerando permeabilidade, carbonatação, fissuração (HELENE, LEVY, 2013). No entanto, é comum encontrar obras que ignoram esta etapa, ou as realizam de forma precária, ineficiente. Com isso, a técnica da cura úmida vem evoluindo para um novo campo de pesquisa, a prática da cura interna, uma incorporação à matriz cimentícia, de materiais capazes de gerar cura de dentro para fora. Sua pesquisa tem sido voltada basicamente para o uso em concretos de alto desempenho, contudo, conforme mencionado, concretos convencionais também são frequentemente negligenciados na prática de cura úmida e tendem a evoluir para essa tecnologia.

O conceito de cura interna se deu somente em 1957, quando Paul Klieger atribuiu melhoras na durabilidade das estruturas associados a um melhoramento na cura por reservatórios internos de água gerados pelos agregados leves (BENTZ, WEISS, 2011). Em seus estudos, Paul Klieger determinou que estes agregados absorvem taxas consideráveis de água durante a mistura e, aparentemente, a liberam para a pasta durante a hidratação, realizando a cura de dentro para fora (BENTZ, WEISS, 2011). A técnica se baseia na incorporação de materiais que apresentem a capacidade de atuarem como reservatórios internos de água à matriz cimentícia, retendo água no interior de sua estrutura, e, posteriormente, liberando-a de forma gradativa. Como consequência, tem-se a contribuição para uma melhor hidratação de partículas de cimento, e auxílio no combate a retração (JENSEN, 2007). A inserção destes reservatórios internos pode ser feitos com o uso de agregados leves pré-saturados, por meio de polímeros superabsorventes, fibras de madeira pré-saturada ou até por fibras de celulose (JENSEN, HANSEN, 2001; JENSEN, 2007; BENTZ, WEISS, 2011; BENTCHIKOU et al., 2012; ACI, 2013).

Os polímeros superabsorventes (PSA) são materiais com grande capacidade de absorção de água, retendo-a em sua estrutura (CALLISTER JR., 2002). São denominados como poliacrilatos interligados por ligações covalentes cruzadas, e em função de sua estrutura interna, pode absorver esta grande quantidade de água sem se dissolverem. Ou seja, ao entrarem em contato com soluções aquosas resultam na formação de um hidrogel, e, após absorver sua capacidade máxima de solução, formam partículas estáveis, assumindo a mesma forma física das partículas em estado seco (CALLISTER JR., 2002; BENTZ, LURA, ROBERTS, 2005; DUDZIAK, MECHTCHERINE, 2008; JENSEN, 2014). Por ser um material muito versátil, apresenta estudos em diversas áreas, tendo seu ponto auge na indústria de higiene e agricultura. Somente para o ano de 2016, a estimativa de produção mundial de PSA, por sete das principais empresas produtoras - Nippon Shokubai; BASF; Evonik; Sumitomo Seika; San-Dia Polymers; LG Chem e Taiwan Plastics – beira 2,7 milhões de toneladas, distribuídos para setores de construção, medicina, eletricidade, agricultura, têxtil e tratamento de água (SANTOS, 2015). Contudo, segundo o autor, uma parcela muito pequena é direcionada a construção civil, apenas 8,2%.

Como propriedades vantajosas como agentes de cura interna, alguns PSA's apresentam forma granular, resistência do polímero, módulo de deformação do gel inchado, além da alta capacidade de absorção de água com a liberação do líquido sob ação de pressão moderada (KUMM, 2009, KIATKAMJORNWONG, 2006). Tais propriedades atribuem ao PSA à vantagem de proporcionar uma melhor hidratação das partículas de cimento, elevando a resistência mecânica das matrizes cimentícias (JENSEN, 2014). Entretanto, estas mesmas propriedades atribuem a desvantagem de gerar porosidade interna à matriz, gerado pela liberação de água do PSA, ficando os espaços antes ocupados pelo PSA inchado os poros internos (MÖNNING, 2009; JENSEN, 2014; SANTOS, 2016).

Na prática da construção civil, como agentes de cura interna, os PSA's já foram utilizados na construção de pavilhões para a Copa do Mundo de 2006, na Alemanha, paredes de painéis projetados em Lyngby e, mais atualmente, em diversas pontes na região da América do Norte, em Nova York, Ohio e Indiana (DUDZIAK, MECHTCHERINE, 2008; MECHTCHERINE, REINHARDT, 2012). Entretanto, dentre os estudos e aplicações publicados até o momento não se tem registros do uso de PSA de origem residual na construção civil, em todos os casos, são estudados polímeros nobres, de origem comercial, produzidos para tal finalidade.

Fiscalizado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), regido pela Lei Nº 12305 (BRASIL, 2016) que regulamenta as diretrizes relativas ao gerenciamento de resíduos, incluindo manejo e disposição final, todos os setores do mercado são obrigados a redirecionarem seus resíduos. Sendo assim, conseguir destinar estes rejeitos, dando-lhes um destino nobre, sem a necessidade de despejo em aterros sanitários, passa a ser um trabalho conjunto do setor

empresarial e meio acadêmico. Vinculado ao cunho ambiental, com menor necessidade de extração e deposição final de rejeitos, e a necessidade de evolução da prática de cura úmida, surge a possibilidade da utilização de polímero superabsorvente adquirido de forma residual como matéria promissora a técnica da cura interna.

2. OBJETIVO

O presente estudo visa avaliar o uso de fibra celulósica contendo polímeros superabsorventes adquiridos de forma residual (PSAR), como agente capaz de gerar cura interna em uma matriz cimentícia convencional.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Com o intuito de se avaliar o potencial do PSAR como agente de cura interna, o presente estudo foi realizado com uma argamassa composta de 60% de areia natural de leito de rio e 40% de areia de britagem, com módulo de finura de 2,12 e 3,52 respectivamente, e cimento CP II F 40, moldada conforme ABNT NBR 7215 (1997). O PSAR empregado consiste em um rejeito de empresas do ramo de higiene, composto de 70% de fibra celulósica, 10% de PSA e outros 20% de polietileno de baixa densidade, polipropileno, umidade entre outros materiais em menor quantidade (GOMES, 2014). Sua forma física, após absorver água, se apresenta na forma de esferas de hidrogel envoltas em fibra celulósica (KOPPE, MANCIO, ROCHA, 2016). Apresenta taxa de absorção de água de 55 gramas de água por grama de PSAR, obtido segundo a ISO 17190-6 (2001). A dosagem de PSAR necessária para promover cura interna na matriz, com consumo de 500 kg/m³ de cimento Portland, foi calculada segundo o método de Bentz, Lura e Roberts (2005), onde se obteve uma dosagem de 0,65 kg/m³ de PSAR. O material foi inserido na argamassa já pré-saturado, no início da mistura, junto à água da mistura, o que o gera um efeito plastificante, reduzindo a relação a/c de 0,54 para a argamassa referência, para 0,48 para a argamassa contendo PSAR (KOPPE, MANCIO, ROCHA, 2016).

Para alcançar o objetivo proposto, foram realizados ensaios de resistência mecânica, controle de retração, retração plástica e fissuração inicial. As argamassas foram submetidas a três condições de cura – 100% UR a 23°C, 60% UR a 23°C e 30% UR a 40°C – com dois percentuais diferentes de adição, um com dosagem calculada segundo método de Bentz, Lura e Roberts (2005) e outro com dosagem estimada, utilizando-se o dobro da dosagem calculada pelo método, além da argamassa referência, sem adição de PSA, identificados conforme Tabela 1.

Tabela 1. Identificação das argamassas.

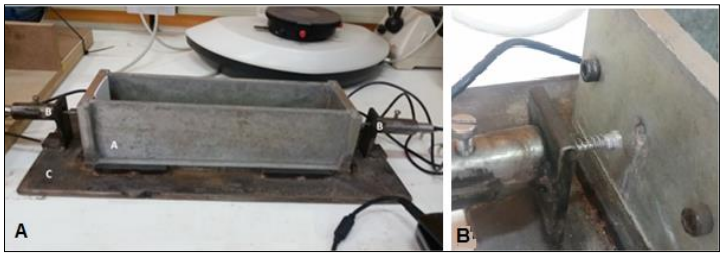
Traço	Identificação	Dados dos traços
A	REF	Traço referência, sem a adição de PSAR.
B	PSAR	Traço contendo PSAR, na dosagem de 0,65 kg/m³ de PSAR.
C	PSAR+	Traço com o dobro de PSAR do traço B.

Para o controle de resistência à compressão (NBR 7215, 1997), foram moldados seis corpos de prova para cada idade, com idades de rompimento fixadas em 1, 3, 14, 28 e 91 dias. Os rompimentos foram realizados em uma prensa marca CONTROLS, modelo Sercomp 2 C80/ES, classe I, com capacidade de carga de 2000 kN. Foi utilizado a velocidade de aplicação de carga de 0,25 MPa/s até que o corpo de prova apresentasse ruptura.

Para a avaliação da retração realizou-se a moldagem de três barras de argamassa, com dimensões de 2,5 x 2,5 x 28,5 cm, moldadas e submetidas à mesma condição de cura da análise de resistência

à compressão. As leituras foram realizadas nas idades de 24 h, 3, 7, 14, 28, 63 e 91 dias. O equipamento utilizado na leitura da retração consiste em um equipamento denominado “aparelho de retração”, da marca Solotest, com um relógio comparador acoplado (KOPPE, MANCIO, ROCHA, 2016). As leituras foram realizadas conforme procedimentos da ABNT NBR 15261 (2005).
O ensaio de retração plástica, medido durante as primeiras 24h, foi realizado com as argamassas submetidas a 30% e 60% UR, pelo método proposto por Turcry, adaptado por Saliba et al. (2011) e Girotto, Barbosa e Maciel (2014).O equipamento para a análise é formado por três partes (Figura 1-A): (a) uma caixa retangular de aço, com dimensão de 75 x 75 x 305 mm (interno), com perfurações em suas laterais (Figura 1 – B), por onde são inseridos os sensores LVDT para as leituras de deformações horizontais; (b) um par de sensores LVDT com precisão de deformação inferior a 2 mm e resolução inferior a 5 µm; (c) uma base de aço, onde são fixos os sensores LVDT e a caixa retangular, impedindo a movimentação de ambos. Na caixa retangular, internamente, são inseridas placas de PVC nas laterais com perfuração (75 x 75 mm). As placas de PVC são utilizadas como base de apoio aos sensores LVDT durante o ensaio. A argamassa foi moldada em duas camadas de 107 golpes e, em seguida nivelada. As leituras dos sensores LVDT são realizadas, por um período de 24h, através de um módulo universal, que armazena dados de minuto em minuto, transferindo-os a uma base de dados de um computador.

Figura 1. Equipamento para a medição de retração plástica.



1A– A) caixa de aço com a placa de PVC internamente; B) sensores LVDT; C) base de aço onde são acoplados os sensores e a caixa de aço; 1B – perfuração na lateral na caixa metálica onde são inseridos os sensores LVDT.

Já a fissuração inicial foi realizada pelo método proposto por Girotto, Barbosa e Maciel (2014), utilizando-se uma forma quadrada de 200 mm de lado e 10 mm de altura (Figura 2). A parte interna da forma é formada por dentes simétricos, medindo 5 mm de altura, com ângulo de 60° entre eles. A análise foi realizada com pasta, e somente na umidade relativa de 30%, uma vez que, com temperaturas amenas e argamassa não se observa fissuração. A análise se dá no período de 24h, onde, após 24h é realizado um levantamento fotográfico da placa fissurada. Posteriormente, as imagens são avaliadas considerando-se as áreas totais de fissuração, em fissuras com espessura superior a 0,01 mm, sendo estas analisadas e calculadas por meio do programa “AutoCAD 2010”.

Figura 2. Forma quadrada de 200 mm, com 10 mm de altura e dentes simétricos internos de 5 mm.

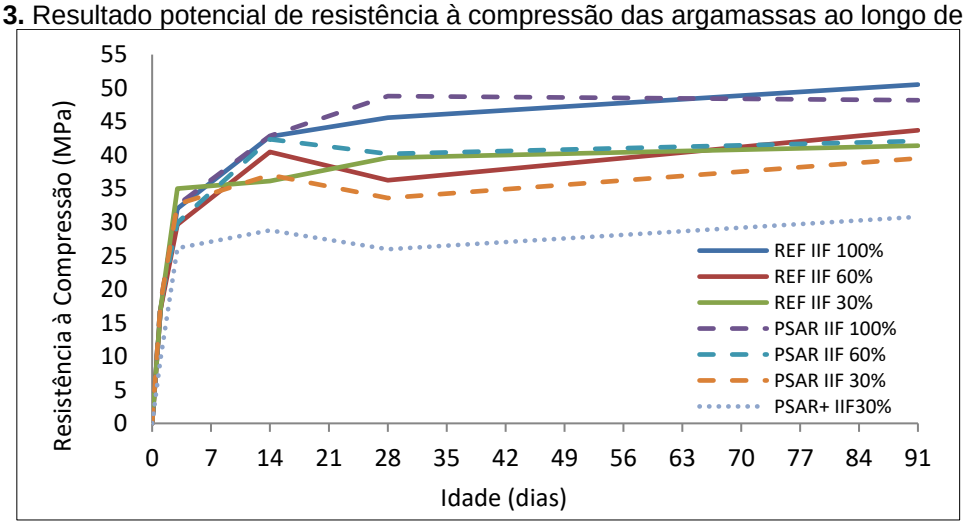


4. RESULTADOS

4.1 Resistência à compressão

Na Figura 3 é apresentada a resistência à compressão das argamassas identificadas na Tabela 1. Na Figura é possível observar que quanto maior a umidade relativa, melhor a resistência à compressão, ou seja, quanto melhor a condição de cura, maior a resistência à compressão. Contudo, o uso de cura interna, por meio do PSAR, não contribui para a melhora na resistência à compressão.

Figura 3. Resultado potencial de resistência à compressão das argamassas ao longo de 91 dias.

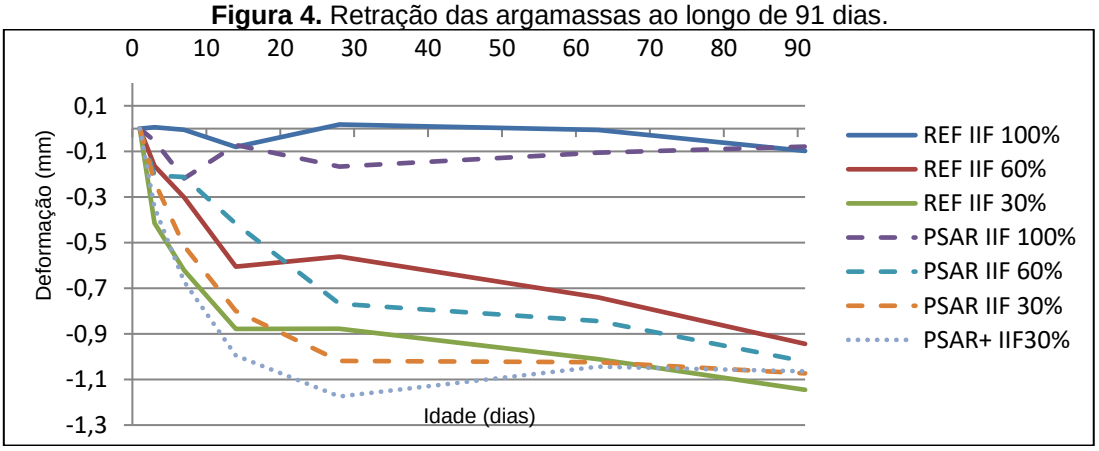


De modo geral, as resistências à compressão não apresentam diferenças significativas ao longo das idades com a adição de PSAR em dosagem calculada, comprovado por meio de análise de variância (ANOVA). Isso se deve a da compensação das propriedades alcançadas com o uso de PSAR onde, de um lado tem-se uma redução de relação a/c, de 0,54 para 0,48, atribuindo ao uso de PSAR um efeito plastificante e, de outro, o surgimento de porosidade interna. Mesmas propriedades são mencionadas por Mönning (2009) e Jensen (2014) com o uso de PSA comerciais. Já a argamassa com dosagem estimada apresenta diferença significativa, apresentando resistência à compressão 25% inferior à argamassa referência e 22% inferior à argamassa contendo PSAR calculado, curada em mesma condição. Tal fato deve-se a dosagem de PSAR ser excessiva, não atribuindo a cura interna um efeito suficiente para compensar a perda de resistência gerada pela porosidade elevada deixada pelo uso de PSAR.

4.2 Retração das argamassas

A Figura 4 é apresenta o resultado de retração das argamassas, medido de 24h até 91 dias. Analisando-se o uso de PSAR nas argamassas, tem-se que, similar à resistência à compressão, a retração observada para as argamassas com e sem adição de PSAR (calculado) não apresentam variância significativa (ANOVA). A variação observada está diretamente ligada à condição de cura, onde, quanto menor a umidade relativa, maior a retração encontrada. Ou seja, as argamassas submetidas a 30% UR apresentam valores de retração elevados, enquanto que as argamassas curadas a 100% praticamente não apresentam retração, sendo que, para esta condição, a idade não passa a ser um fator significativo (ANOVA).

Figura 4. Retração das argamassas ao longo de 91 dias.

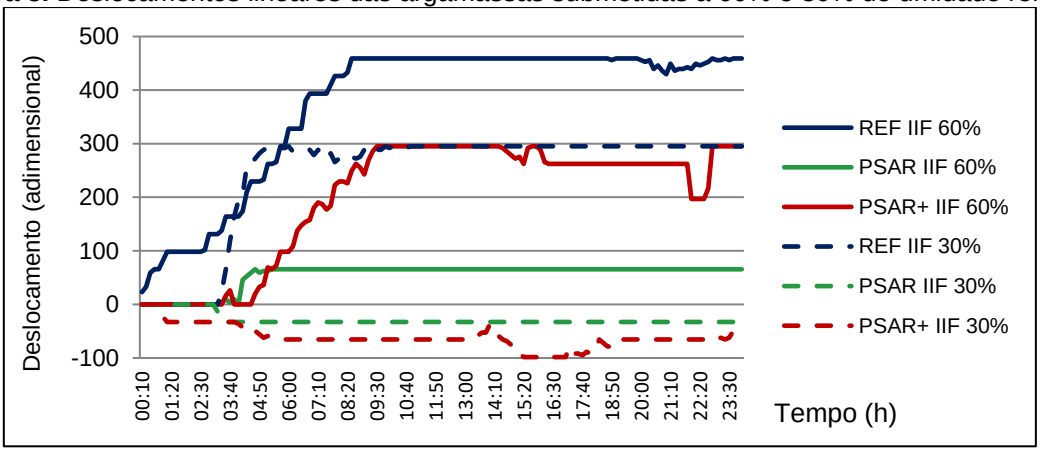


Entretanto, embora não apresentando efeito significativo no combate à retração ao longo de 91 dias, seu potencial pode ser observado na idade de três dias. Nesta idade, considerando-se a pior situação em que uma argamassa possa ser submetida (30% UR), o uso de PSAR contribuiu para uma redução de aproximadamente 44% da retração.

4.3 Retração plástica

A análise de retração plástica é observada na Figura 5, por meio do deslocamento linear das argamassas medido durante as primeiras 24h. Os menores deslocamentos são observados para as argamassas contendo PSAR na dosagem calculada, atribuindo ao PSAR um efeito significativo no combate à retração plástica. Para PSAR 30% e PSAR+ 30% UR há um efeito de expansão provocado pela liberação de água do PSAR somado a água da mistura ainda presente e a alta temperatura em que a matriz cimentícia se encontra. Segundo Shen et al. (2016), quanto mais água há na mistura, maior será a expansão.

Figura 5. Deslocamentos lineares das argamassas submetidas a 60% e 30% de umidade relativa.

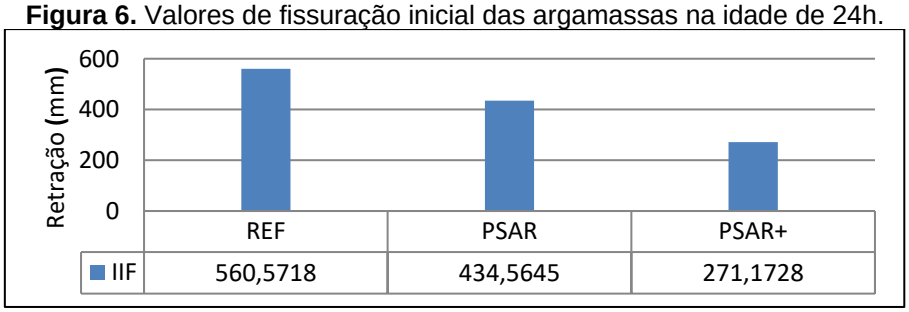


De modo geral, as argamassas REF 60%, REF 30% e PSAR+ 60% apresentam os valores mais elevados de retração. Às referências atribuem o resultado a falta de cura, elevando a retração das estruturas, sendo este efeito visualizado na retração ao longo de 91 dias. Já a PSAR+ 60% atribui a elevada retração ao surgimento dos primeiros poros internos, gerando uma movimentação na matriz cimentícia.

4.4 Fissuração Inicial

Na Figura 6 é apresentada a análise de fissuração das pastas, por meio de imagens, obtidas 24h após a mistura, com o uso do software AutoCAD 2010.

Figura 6. Valores de fissuração inicial das argamassas na idade de 24h.



O uso de PSAR gera efeito significativo no combate à fissuração de pastas com 24h. Considerando-se a área total da placa, 40000 mm², a pasta REF apresenta 1,4% da área fissurada, sendo 1,09% para a pasta PSAR e apenas 0,68% para a pasta PSAR+. Ou seja, para a dosagem calculada tem-se uma redução de 22,5% do índice de fissuras na placa, já para a argamassa PSAR+, a minimização das fissuras chega a 51%.

5. CONCLUSÃO

De modo geral, o uso de um polímero superabsorvente residual apresenta resultados similares aos encontrados por diversos autores com PSA's comerciais. O efeito visualizado é uma compensação das propriedades, de um lado a redução da relação a/c, e de outro, a geração de poros internos. Na resistência à compressão e no combate a retração, ambas ao longo de 91 dias, o uso PSAR em dosagem calculada não apresenta efeito significativo, mantendo a argamassa com PSAR similar à

argamassa referência. Entretanto, os resultados satisfatórios são alcançados em idades iniciais, principalmente até 24h. Nas argamassas e pasta PSAR obteve-se uma menor retração plástica e uma redução de 22,5% no surgimento de fissuras na pior condição de exposição (baixa umidade relativa). A dosagem estimada de PSAR (PSAR+) também apresentou resultados satisfatórios no combate à retração plástica e fissuração inicial, entretanto, a perda de resistência e o aumento da retração ao longo de 91 dias faz com que esta dosagem não seja adequada.
Com isso, o uso de PSAR demonstra que sua incorporação na matriz cimentícia não contribui para o ganho de resistência ao longo das idades, mas contribui significativamente para a minimização da retração plástica e da fissuração inicial. Com o estudo foi possível comprovar que PSA de origem residual propicia o mesmo efeito de cura interna encontrado em PSA's comerciais. Sendo assim, é gerado um valor comercial a um rejeito industrial, auxiliando o meio ambiente, minimizando a necessidade de seu uso de forma indevida e o seu depósito em aterros sanitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI. American Concrete Institute. ACI Concrete Termmiunology, 2013, disponível em: www.concrete.org/Technical/CCT/ACI-Terminology.aspx. Acessado em 26/07/2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Resistência à compressão do Cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15261: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear). Rio de Janeiro, 2005.

BENTCHIKOU, M. GUIDOUM, A.; SCRIVENER, K.; SILHADI, K.; HANINI, S. Effect of recycled cellulose fibres on the properties of lightweight cement composite matrix. Construction and Building Materials 34, p. 451–456, 2012.

BENTZ, D. P.; LURA, P.; ROBERTS, J. W. – "Mixture Proportioning for Internal Curing". Concrete International, pp 35-40, 2005.

BENTZ, D. P; WEISS, W. J.- "Internal Curing: A 2010 State-of-the-Art Review". NISTIR 7765, U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. 94p, 2011.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de ago. de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Palácio do Planalto. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 09 dezembro. 2016.

CALLISTER JR, W. D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 5ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2002, 534 p.

DUDZIAK L, MECHTECHERINE V. – "Mitigation of volume changes of Ultra-High Performance Concrete (UHPC) by using Super Absorbent Polymers, and Int Symp on Ultra High Performance Concrete", E Fehling et al (eds) Kassel University Press GmbH, p. 425-432, 2008.

FIGUEIREDO, E; HOLLAND, T; MALHOTRA, V. M. & HELENE, P. F ACI/CANMET International Conference on High-Performance Concrete Structures and Materials. ACI SP-253. Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute,.p. 413 p. 2008.

GIROTTO, L. S.; BARBOSA, M. P.; MACIEL, G. F. Avaliação do comportamento reológico na retração plástica e na fissuração de argamassas de concreto auto adensável. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 7, n. 1, p. 24-52, 2014.

GOMES, L.M. Avaliação da potencialidade de resíduo sólido de base celulósica advindo do setor de higiene pessoal testando sua adição em argamassa de revestimento. São Leopoldo, 2014. 117 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2014.

HELENE, P. LEVY, S. "Boletín Técnico - Curado del hormigón". Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción – *ALCONPAT*, México, pp 1-10, 2013.

ISO 17190-6: Urine-absorbing for incontinence – Test methods for characterizind polymer-based absorbent materials – Part 6: Gravimetric determination of fluid retention capacity in saline solution after centrifugation. Genebra, Suiça, 2001.

JENSEN, O. M. – "Use of Superabsorbent Polymers in Concrete". *Concrete International*, pp 48-52, 2014.

JENSEN, O. M., HANSEN, P. F. – "Water entrained cement-based materials – I. Principles and theoretical background". Cement and Concrete Res 31(4), p. 647-654, 2001.

JENSEN, O. M. (Eds.). RILEM TC-196 - "Internal curing of concrete, state-of-the-art report" of RILEM technical committee 196-ICC, in: K. Kovler, RILEM Publications S.A.R.L. France, Bagneux, 139 pp, 2007.

KIATKAMJORNWONG, S. Superabsorbent Polymers and Superabsorbent Polymer Composites. ScienceAsia, Bangkok, 33, december, p39-43, 2006.

KOPPE, A., MANCIO, M., ROCHA, T. L. A. C. Uso de fibra celulósica contendo Polímero Superabsorvente como agente de cura interna em matrizes de cimento Portland, avaliação da resistência mecânica e combate a retração. Anais Congresso Brasileiro de Patologia das Construções – CBPAT 2016, ISSN 2448-1459, p 2133 – 2143, 2016.

KUMM, T. C. Influência do emprego de polímeros superabsorventes nas propriedades de materiais à base de cimento Portland. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 160, 2009.

MECHTCHERINE, V.; REINHARDT, H. – "*Application of super absorbent polymers (SAP) in concrete construction, State-of-the-Art Report*", Springer, 167 p, 2012.

MEHTA P. K. Reducing the environmental impacto f concrete. *Concrete can be durable and environmental friendly. Concrete international. 2001.*

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. – "*Concreto. Microestrutura, propriedades e Materiais"*. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 751 p, 2014.

MÖNNIG, S. Superabsorbing additions in concrete - applications, modelling and comparison of different internal water sources. Stuttgart: Doktor thesis, Fakultät Bauund Umweltingenieurwissenschaften der Universität, 168 p, 2009.

SALIBA, J., ROZIÈRE, E., GRONDIN, F., LOUKILI, A. Influence of shrinkage-reducing admixture on plastic and long-term shrinkage. Cement & Concrete Composites 33, 209-2017, 2011.

SANTOS, R. V. A. Polímeros Superabsorventes: processos de produção, aplicações e marcado. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2015.

SANTOS, T. A. C. Estudo de adição de polímero superabsorvente e de nano partículas de silica para melhorar as propriedades de concretos de alta resistência. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, 2016.

SHEN, D., WANG, X., CHENG, D. ZHANG, J., JIANG, G. Effect of internal curing with super absorbent polymers on autogenous shrinkage of concrete at early age. Construction and Building Materials 106, 512-522, 2016.

304. COMPORTAMENTO DE SISTEMA MISTO DE PAREDE COM EPS E ARGAMASSA PROJETADA FRENTE AOS ENSAIOS DE DURABILIDADE DA ABNT NBR 15575-4:2013 e ASTM D3273:2016

TOMA, Nataly Ayumi[1] (natalyatoma@gmail.com); SOUZA, Camila Fernandes Natus[1], (cnatus@unisinos.br); PACHECO, Fernanda, [1](fernandapache@unisinos.br); SOUZA, Rodrigo Périco [1](rperico@unisinos.br); CHRIST, Roberto[1](rchrist@unisinos.br)

[1]Universidade do Vale do Rio dos sinos - UNISINOS- itt Performance, Brasil

RESUMO

A durabilidade das edificações se apresenta como um objetivo prioritário no desenvolvimento das construções, dada a deterioração precoce das habitações e a geração expressiva de resíduos de construção e demolição. É de conhecimento que os agentes de deterioração variam em função do ambiente de inserção da construção e assim, podem ser verificados em fase de projeto visando ampliar a vida útil das edificações. Em nosso país, existem especificações técnicas em relação aos sistemas de parede de maneira que estes atendam a durabilidade mínima exigida, sendo ainda, estes sistemas são os responsáveis por boa parte das características de habitabilidade das edificações. Paralelamente a tais exigências, nos últimos anos, em decorrência do incentivo à moradia e a minimização do déficit habitacional, surgiram no país diversas concepções construtivas inovadoras, que necessitam ter seu desempenho caracterizado anteriormente a seu emprego em larga escala, como é o caso do sistema misto em EPS com argamassa projetada. Neste contexto, este artigo abordará os ensaios pautados pela ABNT NBR 15575-4 e a ASTM D3273 para durabilidade dos sistemas verticais de vedação com EPS e finalização em argamassa projetada, sendo estes de choque térmico e de resistência ao crescimento de fungos emboloradores. Os resultados obtidos com o ensaio de choque térmico foram satisfatórios apresentando valor de 250/300 = 0,833. Já no ensaio de resistência ao crescimento de fungos não houve a proliferação visual de fungos na superfície da amostra, assim sendo classificado como resistente ao crescimento de fungos.

Palavras-chave: durabilidade, sistemas verticais de vedação, norma de desempenho, poliestireno expandido.

COMPOUND WALL SYSTEM BEHAVIOR WITH EPS AND MORTAR AGAINST DURABILITY TESTS FROM NBR 15575-4: 2013 and ASTM D3273: 2016

ABSTRACT

The buildings durability is presented as a priority objective in the development of constructions, given the early deterioration of housing and the significant generation of waste from construction and demolition. It is known that the agents of deterioration varies depending on the construction insertion environment and it can be checked in the design phase, aiming to extend the life of the buildings. In our country, there are technical specifications related to wall systems durability, including characteristics to achieve the minimum durability required, still, these systems are responsible for much of the livability features of buildings. In parallel with these requirements in recent years, due to the incentive to housing and minimizing the housing deficit, emerged in the country several innovative construction concepts that need to have their performance characterized prior to its use

in large-scale, such as the system mixed in with EPS and projected mortar. In this context, this article will cover the tests guided by NBR 15575-4 and ASTM D3273: 2016 for durability of vertical sealing systems with EPS and projected mortar, which are thermal shock and resistance to the growth of fungi. The results obtained with the thermal shock test were satisfactory with a value of 250/300 = 0.833. In the test of resistance to the growth of fungi there was no visual proliferation on the surface of the sample, thus being classified as fungus growth resistant.
Keywords: Durability, vertical sealing system, performance standart, expanded polystyrene.

1. INTRODUÇÃO

Diante do desenvolvimento de uma edificação, diversos requisitos devem ser atendidos, de modo que sejam satisfeitas as características de segurança, proporcionando ainda habitabilidade aos usuários. A durabilidade, no entanto, configura-se como um critério de modo que possa ser alcançada a viabilidade socioeconômica de uma edificação, considerando-se ainda a minimização de impacto, ao observar a geração expressiva de resíduos de construção e demolição (ÂNGULO et al, 2011).
A durabilidade, segundo Mehta e Monteiro (2014) consiste na vida útil de um material ao serem consideradas as condições ambientais de seu ambiente de inserção.
Tratando-se dos sistemas convencionalmente empregados, como alvenaria estrutural e de vedação e estruturas de concreto armado, há conhecimento suficiente de sua composição de modo que se possa prever seu comportamento nas diferentes agressividades, ou ainda, técnicas que possibilitem a proteção de tais materiais para alcance da durabilidade, conforme as normas técnicas NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 15270-1 (ABNT, 2005).
Todavia, diante do emprego de sistemas inovadores, em cenário nacional, existe carência na identificação de seu potencial de alcançar durabilidade nas construções, o que é mitigado dadas as diretrizes do Ministério das Cidades, em particular do SiNAT- Sistema Nacional de Avaliação Técnica. (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).
Um dos sistemas inovadores que surge no cenário nacional, é o composto por painéis de EPS (Poliestireno expandido), sobre os quais posiciona-se uma armadura de aço e faz-se a projeção de argamassa ou microconcreto (VIANA; ALVES, 2013). Dados os componentes deste sistema, uma de suas características mais marcantes é seu reduzido peso específico.
Considerando o uso dos sistemas mistos com EPS e argamassa projetada, tem-se como uma exigência a análise de suas características de durabilidade, sendo predominantemente seu comportamento em relação à:

- Resistência à ação do choque térmico;
- Resistência ao crescimento de fungos emboloradores;

A adoção de tais características de durabilidade visou o atendimento ao estipulado pela diretriz nº11 do SiNAT (Sistema Nacional de Avaliação Técnica) do Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2014).
Dessa forma, visando à utilização de novos materiais que são disponíveis no mercado da construção civil mundialmente, o EPS tem sido empregado amplamente, uma vez que ele é considerado um sistema leve e pode ser utilizado de matéria reciclada de resíduos de outras áreas da economia mundial. O poliestireno é resultante da polimerização do estireno, o qual, quando utilizado para a polimerização, deve ter um grau de pureza maior que 99,6%, já que os

contaminantes, oriundos do seu processo de produção (sendo os principais: etilbenzeno, cumeno e xilenos), afetam o peso molecular do poliestireno (BNDES, 2002).

Para Tessari (2006), a produção de poliestireno é responsável por grande parte do consumo de estireno disponível no mercado, com aproximadamente 74%. Deste total 14% destinam-se à produção de EPS e os 60% restantes para a produção de poliestirenos cristal e de alto impacto.

A norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), buscando apresentar projeções para edificações duráveis, objetiva ressaltar a avaliação de tecnologias e sistemas construtivos habitacionais, com base em requisitos e critérios de desempenho expresso em normas técnicas vigentes (POSSAN; DEMOLINER, 2014). O ensaio de choque térmico, apresentado na NBR 15575-4 estabelece não só os requisitos, como também critérios e métodos para a avaliação do desempenho de sistemas de vedações verticais externas (SVVE) de edificações ou de seus elementos frente às oscilações de temperatura (ABNT, 2013).

Para Esquivel (2009), o choque térmico em um SVVE ocorre após um período de forte insolação, o qual eleva a superfície do revestimento à temperatura de 80°C, e que, após essa insolação, pode ser atingido por uma chuva intensa, a qual resfria a amostra a temperatura de 20°C, fazendo com que haja a queda de temperatura superficial do SVVE (de 60°C), em poucos minutos.

O objetivo do ensaio de ação de calor e choque térmico está baseado em analisar o comportamento do SVVE quanto à danos e deslocamentos, ao ser submetido a ciclos sucessivos de aquecimento por fonte de calor (resistência elétrica blindada) e resfriamento por jatos de água (aspersores de água, para resfriar a amostra de forma homogênea). Esse ensaio simula, de forma simplificada (aplicação de 10 ciclos contínuos de aquecimento e resfriamento) o estresse causado pela variação de temperatura e umidade associada à ação das chuvas sobre os elementos do SVVE aquecidos, que ocorre durante a vida útil de um edifício exposto às intempéries (LORENZI, 2013).

Sentena (2015) ressalta que as argamassas de revestimentos estão sujeitas a dilatações com o aumento da temperatura e a contrações com a diminuição da mesma. A variação de temperaturas, que pode ser por fatores externos como fatores internos, gera tensões internas que ocasionam a formação de fissuras.

Esquivel (2009) afirma que um dos agentes responsável pela degradação mecânica dos materiais de base cimentícia é a temperatura, pois sua variação provoca tensões de tração que são a mais prejudiciais para este tipo de material. Quanto maior for a variação da temperatura maior será a taxa de carregamento do material, assim as propagações das deformações de origem térmica dependem da velocidade de resposta do material.

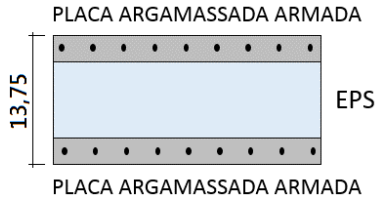
Oliveira, Fontenelle e Mitidieri Filho (2014) apontam que quando ocorre um choque térmico que é produzido por uma diferença de temperatura entre a superfície do corpo e seu interior, esta variação pode causar tensões de elevada magnitude no material. Os sistemas mais afetados por estes fenômenos são os de sistemas leves e aqueles compostos de várias camadas, com elementos heterogêneos.

Outro ensaio realizado para avaliar a durabilidade do material empregado é o ensaio de resistência ao crescimento de fungos emboloradores que visa representar o comportamento do revestimento utilizado no SVVE, de forma similar ao acontecido cotidianamente, visto que corpos de prova, de dimensões reduzidas do SVVE, são submetidas à condições climáticas estabelecidas pela ASTM D 3273 (ASTM, 2016).

Adams et al. (2013) informam que a maioria das manifestações patológicas que envolvem a presença de fungos são desencadeadas pela presença inicial de água-agente degradante de presença marcante nas edificações. Sua identificação ocorre de maneira visual, através de mudanças de tonalidade ou aspectos relacionados à superfície dos materiais.

Andersen et al. (2011) destacam que a presença da água nas edificações pode ser decorrente da presença humana, gerando vapor de água nas atividades corriqueiras de uso de uma edificação, oriunda da água das chuvas ou desastres ambientais, ou ainda, proveniente de falhas humanas, no que diz respeito a incoerência nos projetos de impermeabilização e drenagem das habitações.
Pietrzyc (2015) afirma que mesmo que o crescimento dos fungos emboloradores ocorra na superfície dos materiais, toda a sua espessura e suas características de composição influenciam no seu comportamento. Segundo este autor, a previsão do comportamento dos materiais, assim como sua avaliação, deve considerar a edificação como um sistema, conforme a Figura 1.

Figura 1. Sistema constituído de placas de EPS com argamassa projetada



Shing, Yu e Kim (2011) destacam algumas estratégias para evitar o crescimento de fungos nas edificações, tais como:

a) Permitir a troca de ar dos ambientes através de ventilação natural ou ventilação mecânica;
b) Reduzir a utilização de materiais que possam absorver muita água e permanecem no revestimento final dos componentes, como revestimentos de parede e de piso;
c) Aplicação de medidas preventivas mantendo este local limpo e sem presença de água em excesso.

Considerando os fatos apresentados, este estudo avaliará sistema misto com EPS e argamassa projetada frente aos ensaios de choque térmico e resistência ao crescimento de fungos emboloradores.

2. OBJETIVO

Considerando a importância da durabilidade, de modo a obter-se edificações e construções mais sustentáveis, vinculada a latente presença da inovação no mercado atual da construção civil, este trabalho visa avaliar a resposta de sistema misto de parede- composto por chapa de EPS com argamassa projetada- frente aos ensaios de durabilidade de sistemas de parede propostos pela ABNT NBR 15575-4 e a ASTM D3273, sendo estes de choque térmico e resistência ao crescimento de fungo emboloradores.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Sistema avaliado

O sistema avaliado é caracterizado como painéis sanduíche de vedação, podendo apresentar ou não, finalidade estrutural, compostos por chapa de EPS (espessura de 7,75 cm), malha de aço e argamassa projetada (espessura de 3 cm, nas duas faces), totalizando 13,75 cm de espessura. O traço da argamassa projetada apresentava quantidades dos materiais utilizados em torno de 9 baldes de areia grossa, 6 baldes de cimento CP-IV e 6 litros de aditivo glenium a base de

carboxilatos. Os componentes que contemplam o sistema, considerando a composição da face interna para a face externa, são: painéis de EPS, armados com tela soldada nervurada Gerdau (série 61, tipo Q61, de aço CA-60 nervurado, diâmetro nominal das barras de 3,4mm, com espaçamento entre as barras de 15 cm nas duas direções).

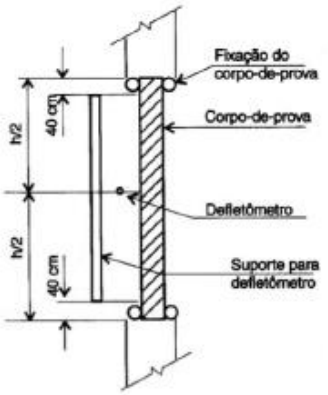
3.2 Ensaio de choque térmico

O ensaio de choque térmico foi realizado no laboratório de durabilidade do itt Performance e o ensaio de visa avaliar a resposta dos sistemas verticais de vedação, principalmente no que tange seu revestimento às alterações do clima passíveis de ocorrência nos revestimentos externos. Para que exista a simulação da agressão real dos revestimentos e componentes, o dispositivo utilizado para análise reproduz ciclos de aquecimento e resfriamento através do emprego de resistências elétricas e resfriamento com jatos de água. A verificação da resposta dos sistemas faz uso de termopares do tipo K e de um defletômetro de haste para mensurar os deslocamentos, como representa as Figuras 2 e 3.

Figura 2. Representação do ensaio com defletômetro



Figura 3. Representação do defletômetro, adaptada da NBR 15575-4 (ABNT, 2013)

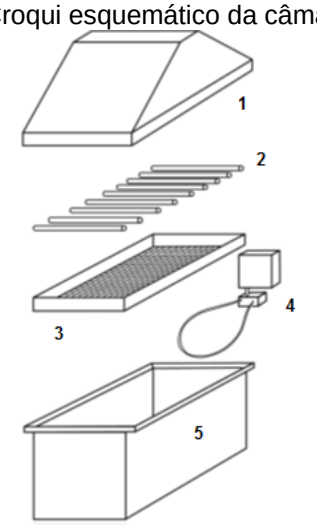


O ensaio prescrito no anexo E da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) estabelece que a amostra deve ser submetida a 10 ciclos sucessivos de ação do calor e resfriamento por meio de água. A amostra é aquecida a 80±3ºC e mantida por 1 hora à esta temperatura constante (esse ensaio deve ser realizado para duas amostras de cada sistema construtivo). Posteriormente é resfriado por meio de jatos de água sobre a superfície da amostra até atingir a temperatura de 20±5ºC. O controle da amostra, para que a mesma atinja a temperatura supracitada é feito através de 5 termopares, alocados na amostra conforme sugestão da norma já descrita.

3.3 Ensaio de resistência ao crescimento de fungos emboloradores

A verificação da resistência do sistema ao crescimento de fungos emboloradores é realizada com emprego de câmara contendo a dispersão de três tipos de fungos (Aureobasidium pullulans, Aspergillus niger e Penicillium). Os componentes da câmara de ataque por fungos são: (1) tampa da câmara (2) barras para suporte dos equipamentos (3) bandeja para disposição do solo (4) interface de controle de temperatura e (5) base da câmara, como representa a Figura 4.

Figura 4 - Croqui esquemático da câmara de ensaio



Este ensaio é realizado de acordo com os procedimentos descritos na ASTM D 3273 (ASTM, 2016) *Resistance to Growth of Mold on the Surface of Interior Coatings in an Environmental Chamber.* O solo utilizado para o estudo não é compactado e possui matéria orgânica. Para a realização do ensaio, primeiramente, os fungos foram inoculados sobre a terra, a qual estava depositada na câmara de ensaio, já detalhada. Os fungos são espalhados pelo solo e a sua proliferação é analisada por um período de 14 dias.

Antes de iniciar o ensaio, é realizada a análise biológica com uma amostra de terra que contém os fungos já inseridos na câmara de ensaio, para confirmar se há a presença ou não dos mesmos. Posteriormente a confirmação de fungos na terra, há a preparação de 3 amostras para que ocorra a realização do ensaio e estes possuem as dimensões de 7,5 cm x 10 cm como determina a norma. Tais amostras ficam expostas em um ambiente controlado com temperatura de 32,5 ± 1°C e umidade relativa de 95 ± 3%, num período de 28 dias, sem contato com a terra ou com as paredes da câmara, apenas em contato com a umidade presente no interior da câmara de ensaio. A cada 7 dias, há inspeção e registro fotográfico, para analisar o crescimento ou não de fungos. A norma supracitada apresenta escalas que determinam a porcentagem de fungos presentes na superfície da amostra e o resultado é avaliado visualmente comparando com estas escalas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio de choque térmico

Os resultados dos deslocamentos horizontais apresentados nos dez ciclos são expostos na Tabela 2. Em nenhum dos ciclos representativo para as duas amostras, o deslocamento horizontal instantâneo superou o limite estabelecido em norma de h/300, sendo h a altura do corpo de prova (250/300 = 0,833). Não foi verificado nenhum tipo de fissuração na amostra 1, decorrente do ensaio, como representa a Figura 5.

Tabela 2– Deslocamentos obtidos – Amostras 1 e 2.

Ciclo	Amostra	Deslocamento Horizontal [mm]			Amostra	Deslocamento Horizontal [mm]		
		Após 45 min. (80°C± 3°C)	Após resfriamento (20°C ± 5°C)	Variação de Deslocamento		Após 45 min. (80°C± 3°C)	Após resfriamento (20°C ± 5°C)	Variação de Deslocamento
Ciclo 1	1	-0,500	-0,500	0,000	2	-0,730	-0,980	-0,250
Ciclo 2		-0,600	-0,500	0,100		-1,380	-1,280	0,100
Ciclo 3		-0,500	-0,500	0,000		-1,410	-1,290	0,120
Ciclo 4		-0,500	-0,400	-0,100		-1,390	-1,240	0,150
Ciclo 5		-0,500	-0,400	-0,100		-1,360	-1,270	0,110
Ciclo 6		-0,500	-0,400	-0,100		-1,340	-1,270	0,070
Ciclo 7		-0,500	-0,400	-0,100		-1,360	-1,340	0,020
Ciclo 8		-0,500	-0,400	-0,100		-1,410	-1,320	0,090
Ciclo 9		-0,500	-0,500	0,000		-1,420	-1,500	-0,080
Ciclo 10		-0,500	-0,500	0,000		-1,590	-1,490	0,100

Figura 5 – Amostra após ensaio de choque térmico



4.2 Ensaio de resistência ao crescimento de fungos emboloradores

Os resultados do ensaio de resistência ao crescimento de fungos emboloradores serão apresentados nas Tabela 3, sendo estes referentes às análises ocorridas semanalmente.

Através da análise visual, não se pode observar nenhuma proliferação de fungos na superfície das amostras expostos aos fungos, durante 28 dias na câmara de ensaio. Segundo a ASTM D3273 (ASTM, 2016), a classificação da amostra seria o gradiente 1, ou seja, que apresenta de 1 a 10% da área total da amostra ensaiada alterada, como representa a Figura 6.

Figura 6 – Desfiguração das amostras, segundo ASTM D3272 (ASTM, 2016).

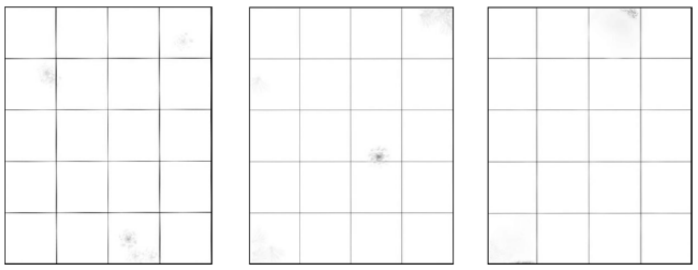
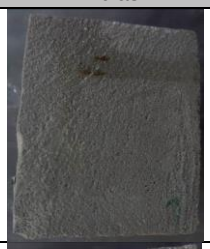


Tabela 3 - **Resultados obtidos no ensaio de resistência ao crescimento de fungos**

Amostra	Percentual de crescimento de fungos nas amostras			
	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
Amostra 1 – EPS com revestimento argamassado				
Amostra 2 – EPS com revestimento argamassado				
Amostra 3 – EPS com revestimento argamassado				
Amostra 4 – EPS com revestimento argamassado				

Para uma análise mais completa para verificar a possível proliferação de fungos na superfície das amostras foram realizadas análises biológicas, com o contato na placa de Petri, que consiste em uma placa de Agar composta por um ambiente propício para o crescimento dos fungos. As superfícies das amostras foram colocadas em contato com a placa de Petri (Figuras 7 e 8) e foram armazenados em uma câmara de resfriamento por uma semana, para que os fungos pudessem se proliferar em um ambiente adequado. Ao analisar estas placas pode-se comprovar a presença de fungos nas superfícies das amostras.

Figura 7 – Amostra na superfície do EPS com revestimento argamassado, inoculado por 3 dias.

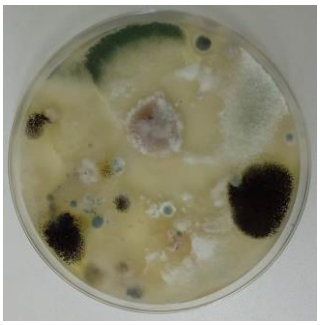
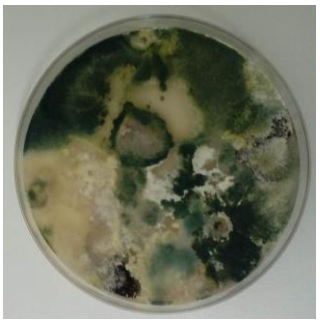


Figura 8 – Amostra na superfície do EPS com revestimento argamassado, inoculado por 7 dias.



5. CONCLUSÃO

A norma de desempenho NBR 15.575:2013 determina que o deslocamento horizontal instantâneo (d_{hi}), no plano perpendicular à amostra, medido no centro e do lado oposto à incidência de calor, deve atender o valor representado de 250/300 = 0,833, pois as paredes analisadas representavam a altura de 2,50m, apresentando, assim, o d_{hi} máximo permitido pela norma. Verificou-se, através do ensaio, que não ocorreram degradações como, fissuras, descolamentos em ambas as faces ao longo do ensaio ou perda de funcionamento na região das juntas, tampouco, deslocamentos que ultrapassassem este limite imposto. Atestou-se da seguinte forma, que o sistema apresentou desempenho satisfatório no que tange sua durabilidade frente ação do choque térmico.

Mesmo sendo um sistema multicamada, não verificou-se danos na aderência entre estas que pudessem ser provocados pelo calor ou pelo resfriamento brusco.

Não houve a proliferação visual de fungos emboloradores nas amostras ensaiadas, sendo, dessa forma, o sistema construtivo classificado como não provedor de superfície proliferante de fungos. Ainda que o documento do Ministério das cidades aponte esse sistema como suscetível a presença e proliferação destes microorganismos, nenhuma das famílias inoculadas na câmara de ensaio apresentou esta deterioração.

Como um todo, cabe destacar que o sistema satisfez as características de durabilidade impostas pela NBR 15575-4, estando apto a apresentar vida útil de projeto elevada, e por consequência, contribuir para a mitigação da problemática dos resíduos de construção e demolição nas cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R.I; MILETTO, M; TAYLOR, J.W; BRUNS, T.D. The diversity and distribution of fungi on residential surfaces. **Plant & Microbial Biology**, November 2013, Volume 8, Issue 11.

ANDERSEN, B; FRISVAD, J.C; SONDERGAARD, I; RASMUSSEN, I.B LARSEN, L.B.

ANGULO, S.C; TEIXEIRA, C; E; CASTRO, A.L; NOGUEIRA, T.P. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 299-306, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 – 1: edificações habitacionais desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 15270-1: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15575 – 4: edificações habitacionais desempenho – parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

ASTM D 3273:12: *Resistance to Growth of Mold on the Surface of Interior Coatings in an Environmental Chamber*

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Aspectos Gerais do Poliestireno. Rio de Janeiro, 2002. Publicação disponível em: . Acesso em: 10 de dez. de 2016.

Diretriz nº011, SiNAT- Sistema Nacional de Avaliações Técnicas, Ministério das Cidades, Brasília, 2014.

ESQUIVEL, J. F. T. Avaliação da influência do choque térmico na aderência dos revestimentos de argamassa. São Paulo, 262 p., 2009. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

LORENZI, L.S. Análise crítica e proposição de avanço nas metodologias de ensaio experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse social térreas. Rio Grande do Sul, 222 p., 2013. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. 782 p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007. Regimento do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas. Governo Federal, 2007.

OLIVEIRA, L. A.; FONTENELLE, J. H.; MITIDIERI FILHO, C. V. Durabilidade de fachadas: método de ensaio para verificação da resistência à ação de calor e choque térmico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 53-67, out./ dez. 2014.

PIETRZYC, K. (2015) A systemic approach to moisture problems in buildings for mould safety modelling. **Building and environment**, Vol 86- 50-60, 2015.

POSSAN, E; DEMOLINER, C. A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. **Revista Técnico-Científica CREA-PR**, v. V1, p. 1-18, 2013.

SENTENA, J. A. A. Discussão sobre métodos acelerados para a avaliação do envelhecimento de revestimentos de argamassas submetidos a ciclos térmicos: aplicação em argamassa com fíler de concreto. São Leopoldo, 156 p., 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

SHING,S; YU, C; KIM, J.T. Building pathology- toxic mould remediation (2011). **Indoor built environment**, 2011, Vol 20- 36-46.

TESSARI, J. Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil. Santa Catarina, 102 p., 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

VIANA, S. A. de Oliveira; ALVES, E. Cassimiro. Análise de custo e viabilidade dentre os sistemas de vedação de bloco cerâmico e drywall associado ao painel monolite EPS. Engenharia Estudo e Pesquisa. ABPE, v. 13, n. 1, p. 03-11, jan./ jun. 2013.

305. MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL: ASSOCIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

FIGUEIREDO, Ana Carolina Carvalho1(ana.cfigueiredo1@gmail.com); SHIGUE, Erich Kazuo2 (erich_kazuo@hotmail.com)
1Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (IAU USP), Brasil
2Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (IAU USP), Brasil

RESUMO
O debate sobre sustentabilidade e economia de baixo carbono na construção civil é relevante tendo em vista os grandes impactos socioambientais gerados pelo setor. Nesse sentido, desde a Eco-92, que resultou na formulação da Agenda 21, são propostas iniciativas e instrumentos reguladores para minimizar seus efeitos, dentre elas, a redução e otimização do consumo de materiais, além da preferência por aqueles de baixo impacto ambiental. Entretanto, a madeira, material essencialmente sustentável graças à sua capacidade de armazenar carbono e ser 100% renovável, também é um dos responsáveis pela maior fonte de emissão de CO_2 do Brasil: o desmatamento. Tal dicotomia se origina na forma como o material é extraído e utilizado. Este estudo objetivou investigar de que forma o uso da madeira como material construtivo sustentável está sendo fomentado, identificando quem são os agentes responsáveis, quais são as suas formas de atuação e como ocorre a articulação entre eles. Para tanto, foram utilizadas as abordagens metodológicas de pesquisa bibliográfica e documental de associações ligadas à cadeia produtiva da madeira e certificações FSC, Cerflor, LEED, AQUA-HQE, Selo Casa Azul e Referencial Casa, além da análise do Programa Madeira é Legal e do projeto “Espaço Conceito GBC Casa” construído em madeira e apresentado na Expo Greenbuilding Brasil 2016. Os resultados obtidos demonstram a importância destas iniciativas no processo de difusão e consolidação da madeira como material construtivo sustentável, uma vez que estabelecem e fiscalizam o cumprimento de critérios de boas práticas sobre toda a cadeia produtiva, conferindo credibilidade ao material.
Palavras-chave: Madeira; Sustentabilidade; Certificação Ambiental; Construção Civil.

WOOD IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION: ASSOCIATIONS AND ENVIRONMENTAL CERTIFICATIONS

ABSTRACT
The discussion on sustainability and low-carbon economy in construction is relevant given the large socio-environmental impacts generated by the sector. In this sense, since Eco-92, which resulted in the formulation of Agenda 21, initiatives and regulatory instruments are proposed to minimize their effects, among them, the reduction and optimization of material consumption, as well as preference for those with low environmental impact. However, wood, a material that is essentially sustainable thanks to its capacity to store carbon and be 100% renewable, is also responsible for the largest source of CO_2 emissions in Brazil: deforestation. Such dichotomy originates in the way the material is extracted and used. This study aimed to investigate how the use of wood as a sustainable building material is being fostered, identifying who are the responsible agents, what are their ways of acting and how does the articulation between them occur. Therefore, were used the methodological approaches of bibliographical and documentary research of associations related to the wood production chain and certifications FSC, Cerflor, LEED, AQUA-HQE, Selo Casa Azul and

Referencial Casa, besides the analysis of the Programa Madeira é Legal and of the project "Espaço Conceito GBC Casa", built in wood and presented at Expo Greenbuilding Brasil 2016. The results obtained demonstrate the importance of these initiatives in the process of diffusion and consolidation of wood as a sustainable constructive material, since they establish and supervise the fulfillment of criteria of good practices on the entire production chain, giving credibility to the material.
Keywordds: Wood; Sustainability; Green Labels; Construction.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre o homem e o ambiente tem sido, ao longo dos anos, de exploração predatória dos recursos naturais. Isso se ampliou com o intenso crescimento populacional a partir do século XX aliado a um novo padrão de vida e consumo e vem-se despertando uma grande preocupação quanto ao impacto causado por essa ação humana. Acselrad (2007), assinala como sustentabilidade a categoria pela qual a sociedade atual tem problematizado e discutido desde as questões éticas e políticas, até as condições materiais para reprodução social, acesso e distribuição dos recursos ambientais. Para Vilella (2007), a noção de sustentabilidade é muitas vezes vinculada apenas à questão ambiental, no entanto, ela vai além. O desenvolvimento sustentável, para ambos os autores, implica o equilíbrio econômico, social, cultural e físico-ambiental; onde a especificidade e particularidade de soluções para cada um desses quadros é importante.

O Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA) configura a construção sustentável como o paradigma que busca minimizar os impactos ambientais da indústria da construção civil. Ele assinala, baseado na Agenda 21 para a Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento (CIB e UNEP-IETC, 2002), que construir de forma sustentável implica manter a harmonia entre os ambientes natural e construído, de forma a encorajar igualdade econômica e dignidade humana, transcendendo a sustentabilidade ambiental. Yuba (2005) a vê como um ponto de equilíbrio atingido após o caminho do desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, a escolha dos materiais de construção, considerando desde a extração das matérias-primas até seu descarte, ou seja, seu ciclo de vida; se constitui como um ponto fundamental em um processo construtivo inteiramente sustentável (BUENO, 2014). Para o MMA, deve-se priorizar a utilização de materiais disponíveis na região, de baixo processamento, recicláveis, atóxicos e culturalmente aceitos; evitando aqueles que possuam produtos químicos que possam causar prejuízos à saúde dos usuários ou ao ambiente, tais como o CFC, HCFC, amianto, PVC, formaldeído e madeira tratada com CCA, atentando, inclusive, ao descarte de cada elemento no final de sua utilização.

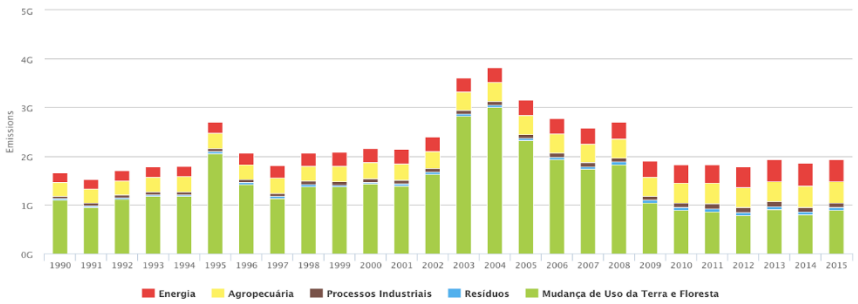
A madeira, embora ainda pouco explorada como material construtivo pelo setor da construção civil brasileira, se insere neste cenário da sustentabilidade como um material de grande valor. Devido à natureza de sua fonte de extração, as florestas, que possuem a capacidade de se regenerar natural e indefinidamente quando oferecidas as condições necessárias, ela se constitui como o único material construtivo 100% renovável. Além disso, atua como estoque de carbono, uma vez que, durante o processo de fotossíntese as plantas absorvem o CO_2 atmosférico e liberam O_2. O carbono absorvido é então incorporado à sua estrutura celular, onde permanece mesmo após a derrubada da árvore, retornando à atmosfera somente após a decomposição ou queima do material. Considerando todo o ciclo de vida, a madeira consome pequena quantidade de energia (60 a 80% menos que o concreto armado) e produz baixas quantidades de CO_2 quando comparada aos materiais mais usados na construção como o concreto e o aço como indicam as pesquisas de Börjesson e Gustavsson, (2000) e Guerilla, Teknomo e Hokao (2007). É também facilmente reciclável e ainda pode ser utilizada para a geração de energia através da queima da biomassa.

Devido a essas características o uso da madeira é indicado como um meio de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas (SATHRE; GUSTAVSSON, 2009).

Por outro lado, sua exploração no Brasil está altamente associada ao desmatamento, principalmente da Floresta Amazônica. De acordo com Zenid (2009), estimativas indicam que entre 43 e 80% de toda a produção madeireira proveniente da região amazônica é de origem ilegal. Além do negativo impacto no âmbito da diversidade de espécies de fauna e flora que compõem o bioma, o desmatamento das florestas é a principal fonte de emissão de gases do efeito estufa no Brasil. De acordo com dados levantados pelo SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa), em 2015 as emissões de gases de efeito estufa provenientes da mudança de uso da terra e floresta foram responsáveis por cerca de 45% das emissões totais brasileiras. Em 2004, ano onde houve o maior registro de mudanças do uso do solo, o setor representou 78% do total das emissões, sendo também o ano com a maior emissão de gases do efeito estufa já registrado, conforme pode ser visto no Gráfico 1.

Essa dicotomia gera um conflito tanto aos projetistas do setor da construção, quanto aos consumidores, em relação à natureza sustentável ou não da madeira. Essa lacuna levou ao surgimento de iniciativas na forma de associações de incentivo ao uso da madeira legalizada e de parâmetros descritos em certificações ambientais com o objetivo de esclarecer esta questão e conferir credibilidade ao material. Elas fazem parte de um conjunto de ações que vêm de encontro às necessidades de desenvolvimento sustentável nas diversas áreas, inclusive da construção civil.

Gráfico 1. Emissão de gases de efeito estufa no Brasil de acordo com setor



Fonte: SEEG (2016)

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste artigo é investigar a atuação das associações de empresas ligadas à cadeia produtiva madeireira e certificações ambientais no incentivo ao uso da madeira na construção civil como material sustentável e que contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Este objetivo se desdobra em (i) identificar quem são os agentes que fomentam o uso sustentável da madeira na construção civil; (ii) assinalar os critérios que as organizações e certificações (FSC, Madeira é Legal, LEED, AQUA-HQE, Selo Casa Azul e Referencial Casa GBC) utilizam para avaliar a legalidade da madeira utilizada na construção civil e, ainda, (iii) identificar como se dão as articulações entre as certificações de produtos madeireiros, selos ambientais de edificações e associações de empresas voltadas para a cadeia produtiva da madeira.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Em primeiro momento a pesquisa contextualiza os temas da sustentabilidade e da economia de baixo carbono na construção civil, se voltando especialmente para as regulamentações existentes relativas à madeira utilizando principalmente a metodologia da pesquisa bibliográfica. Segundo Cervo e Bervian (2002), ela consiste em uma fonte de coleta de dados secundária e auxiliar no embasamento sobre um determinado assunto, tema ou problema que possa ser estudado. Gil (2008), assinala que a pesquisa bibliográfica se desenvolve sobretudo com material já elaborado, constituído por livros e artigos científicos e que a principal ferramenta de coleta e análise do pesquisador nesse momento consiste nos fichamentos das obras consultadas.
Já a etapa de análise das certificações ambientais e associações, além do exemplo do Espaço Conceito GBC Casa, será ancorada, além da pesquisa bibliográfica, pela pesquisa documental. Para Gil (2008), elas são bastante parecidas, mudando, sobretudo, a natureza das fontes, posto que a pesquisa documental utiliza materiais ainda sem tratamento analítico ou reelaboração. Aqui, analisam-se documentos de “primeira mão”: arquivos, relatórios, tabelas, etc.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fomento à madeira como material construtivo sustentável vem ocorrendo por meio de iniciativas diversas, que atuam estabelecendo diretrizes no processo de extração e utilização do material, e ações informativas visando o esclarecimento de questões comumente associadas à madeira, bem como a divulgação de seus benefícios. Neste estudo foram identificados três tipos de iniciativas: certificações de produtos madeireiros, certificações ambientais de edificações e associações de empresas ligadas à cadeia produtiva da madeira.

4.1 Certificações de produtos florestais

Em função da delicada relação apresentada entre a exploração da madeira e o desmatamento, comuns não somente no Brasil como também em diversos países do mundo, principalmente àqueles considerados em desenvolvimento, foram criadas as certificações de produtos florestais. Essas certificações estabelecem um conjunto de práticas que permitem a exploração econômica de recursos florestais, entre eles a madeira, causando o mínimo impacto. Esse conjunto de práticas é chamado de Manejo Florestal Sustentável, definido como:

> "(...) administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando-se os mecanismos de sustentação ambiental dos ecossistemas." (FSC, 2012)

A prática do manejo se diferencia essencialmente da exploração convencional na forma como os recursos são extraídos. Enquanto o primeiro visa a exploração dos recursos de forma controlada, procurando oferecer condições para que a floresta consiga se recuperar naturalmente, permitindo tanto a exploração futura da mesma área, quanto a preservação da floresta e do ecossistema da região; na exploração convencional há pouco ou nenhum planejamento e o foco é estritamente imediatista, visando a extração dos recursos mais valiosos sem levar em consideração os impactos causados.

Além disso, as práticas do manejo florestal visam não somente o aspecto ambiental, como também abrangem questões sociais e econômicas. De acordo com o FSC (Forest Stewardship Council), maior empresa certificadora de produtos florestais do mundo, a questão sócio-cultural deve ser abordada no âmbito dos trabalhadores e das comunidades vizinhas à área a ser manejada. É exigido que sejam respeitados os direitos trabalhistas, além de garantidas as condições de segurança e saúde no trabalho. Quanto às comunidades vizinhas, é estabelecido que estas sejam consultadas na tomada de decisões que impactam a região, de modo a permitir sua permanência no local e possibilitar a geração de empregos e renda. Em relação ao aspecto econômico, o manejo prevê que, apesar da necessidade do cumprimento de uma série de critérios para a obtenção da certificação, é possível que o empreendimento seja economicamente viável através de planejamento, de modo a elevar a eficiência e a produtividade de todo o processo.
A certificação de produtos florestais se destaca no país em relação à legalização da madeira, feita através do DOF (Documento de Origem Florestal), pois esta exige apenas o cumprimento de requisitos de legislação estabelecido por órgãos ambientais federais ou estaduais, que se limitam basicamente à natureza da área explorada, sem levar em consideração o processo de exploração. A certificação, por sua vez, garante além do cumprimento das questões legais, a prática do manejo florestal sustentável, através de critérios estabelecidos e reconhecidos internacionalmente.
No Brasil, além da certificação FSC que atua oficialmente desde 2001 há também o sistema de certificação Cerflor (Programa Brasileiro de Certificação Florestal) reconhecido pelo PEFC (Program for the Endorsement of Forest Certification), outro programa internacional de certificação florestal. A Cerflor foi lançada em 2002 pelo governo brasileiro e têm como órgão executivo o Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). No Brasil a certificação FSC possui uma área certificada de 6.153.592 de hectares (FSC, 2016), enquanto a Cerflor 2.897.372 de hectares (INMETRO, 2016). A extensão de áreas certificadas vem crescendo continuamente pelo território brasileiro, embora ainda represente uma percentagem muito pequena quando comparada à área total de florestas, estimada em 463 milhões de hectares (MMA, 2013). Consequentemente, apenas uma quantidade pouco expressiva da madeira extraída no país recebe alguma certificação.

4.2 Certificações ambientais de edificações e a madeira

Há cerca de três décadas grande parte da Europa, Estados Unidos, Canadá e países asiáticos vêm investindo em ações de legislação sustentável baseadas em indicadores de desempenho para expressar impacto ambiental e consumo de energia (PICCOLI; KERN e GONZÁLEZ, 2008). A certificação ambiental é um processo onde se organizam preocupações, requisitos, categorias ou critérios que devem ser seguidos de modo a avaliar empreendimentos nas suas diversas fases (projeto, construção, operação, reforma, desconstrução) quanto ao seu desempenho com relação ao ambiente e à sustentabilidade locais (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS; apud JÚNIOR, 2013). Para Maciel (2007), é ainda um instrumento econômico ou de mercado que possibilita uma diferenciação por meio de um processo de conscientização; uma imagem favorável ao ambiente e um diferencial competitivo no mercado, geralmente, para obter sobre-preços na comercialização.
Bunz, Henze e Tiller (2006) assinalam que a sustentabilidade na construção civil inclui iniciativas formais e informais provenientes de organizações, Estados e instituições privadas. As certificações da construção civil se enquadram nessas ações formais, que englobam o uso de materiais construtivos de baixo impacto ambiental, recursos e energia renováveis, fomentam boas escolhas de projeto dentro de todo ciclo de vida e eficiência energética. Uma das primeiras formuladas foi o

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), desenvolvido na Inglaterra inicialmente como BRE (Building Research Establishment) em 1990.

No Brasil, a mais utilizada e conhecida é a certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), gerenciada pelo GBC Brasil, sendo uma certificação internacional aplicada em mais de 160 países. Criado pelo USGBC (United States Green Building Council) como um sistema de classificação de edifícios "verdes", ele se baseia em normas e padrões americanos para o desenvolvimento de edifícios sustentáveis e de alto desempenho através de pontuação de créditos (PICCOLI, KERN e GONZÁLEZ, 2008). Essa certificação incentiva transformações em projeto, obra e operação de edificações enfocando sempre a sustentabilidade de modo a trazer benefícios econômicos, ambientais e sociais. Para tal, um dos pontos assinalados é referente à "Materiais e Recursos" e assinala a importância da escolha destes itens em todo o processo construtivo.

Para o LEED, os materiais utilizados precisam, necessariamente, receber certificação reconhecida internacionalmente, dando preferência a materiais locais ou facilmente renováveis. No caso da madeira, é exigida a apresentação de certificação FSC, evidenciando o vínculo entre as duas certificações. Também sob o comando do GBC Brasil, o Referencial Casa foi desenvolvido em 2012 visando a certificação de edificações de uso residencial (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014). Devido à sua origem, a abordagem adotada é a mesma da certificação LEED. Em relação à madeira diferencia-se apenas na exigência de madeira legalizada através do DOF ao invés de certificada já que é uma certificação especificamente brasileira.

Também voltado especificamente para o contexto habitacional, há o Selo Casa Azul, anterior ao Referencial Casa. Criado em 2010 pela Caixa Econômica Federal com apoio de professores da Escola Politécnica da USP, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Estadual de Campinas, é uma ferramenta de incentivo ao uso racional de recursos naturais na construção, redução da manutenção e despesas dos usuários e conscientização de empreendedores e moradores sobre as vantagens das construções sustentáveis. De acordo com o Guia, dentre o conjunto de medidas a serem implementadas está a redução do consumo de materiais na construção através de melhorias no projeto e a seleção de métodos construtivos cujo desempenho seja adequado e com menores índices de perda(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010).

Segundo a Caixa Econômica Federal (2010), a categoria "Qualidade dos materiais e componentes" é um dos itens obrigatórios para obtenção do Selo Casa Azul. Quanto à utilização da madeira, os projetos candidatos à certificação devem apresentar, até o final da obra, o Documento de Origem Florestal (DOF), atender regras do Programa Madeira é Legal e, ainda, declarar o volume, espécies e destinação da madeira utilizada em todas as etapas da obra.

Muitas das formulações apresentadas pelo Selo Casa Azul são herança de uma certificação nacional anterior, o AQUA-HQE. Lançado em 2008 pela Fundação Vanzolini em parceria com a certificação francesa HQE (Haute Qualité Environnementale) tem a proposta de adequar os referenciais técnicos à cultura, clima, normas e regulamentações brasileiras, buscando melhorias contínuas do desempenho das construções de acordo com a sustentabilidade. Aplicado tanto em construções novas quanto em reformas e reabilitações, o processo se divide no Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) em que é possível planejar, operar e controlar as etapas de desenvolvimento do projeto; e na Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) que define o padrão de desempenho de acordo com uma série de aspectos e critérios (FCAV E CERWAY, 2014).

A QAE-HQE assinala 14 categorias de avaliação e, a partir disso, classifica qualitativamente o edifício em MP (melhores práticas), BP (boas práticas) e B (base). Existe, assim como assinalado nos outros processos de certificação, uma categoria específica para materiais de construção: "Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos", na qual todos os produtos,

componentes, sistemas e equipes envolvidas no projeto são escolhidos. A FCAV e CERWAY (2014) definem, quanto aos materiais, que todos devem estar em conformidade com sistemas de reconhecimento de qualidade (certificações, provas de conformidade à norma, pareceres técnicos) ou, deve-se realizar ensaios de laboratório acreditados pelo Inmetro. Para madeiras nativas, é necessário o DOF e certificação em todas as etapas e processos: desde produtos estruturais, esquadrias e revestimentos até o controle do canteiro de obras.
Nota-se que, apesar de cada certificação possuir um sistema de avaliação diferente, a parte que se refere à escolha dos materiais é semelhante. Não há a indicação de nenhum material em particular, sendo exigido, no entanto, algum documento ou certificação que ateste sua qualidade e sua conformidade com padrões sustentáveis. No caso específico da madeira é exigido no mínimo o Documento de Origem Florestal, sendo que, em alguns casos, como o LEED, há a exigência da certificação florestal FSC.

4.3 Associações da cadeia produtiva da madeira

As associações representam um grupo de empresas ou indivíduos com objetivos e interesses em comum. No caso da madeira, existem associações representantes de diversas etapas da cadeia produtiva, desde os produtores florestais como a PFCA (Associação dos Produtores Florestais Certificados da Amazônia) no caso das florestas naturais e a SBS (Sociedade Brasileira de Silvicultura) no caso das florestas plantadas, até os diversos setores industriais à que se destinam a madeira, como a ABIMCI (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente) e a ABIPA (Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira). Essas associações são formadas com o objetivo de unificar empresas e pessoas que atuam num determinado setor, visando o suporte mútuo entre os membros e a luta por seus interesses. Portanto, as associações do setor madeireiro atuam na divulgação da madeira como material sustentável através de ações como a publicação de material informativo (relatórios, livros, artigos, vídeos), participação em eventos da construção civil e incentivo à legalização e certificação dos produtos às empresas associadas.

4.4 Articulação entre os agentes

As certificações ambientais de edificações, as certificadoras de produtos florestais e as associações representantes da cadeia produtiva da madeira têm como ponto em comum o fomento da madeira de origem controlada como material sustentável para a construção civil. Em decorrência desta interseção existem algumas articulações ocorrendo entre esses agentes, como por exemplo a relação entre o certificação LEED e a FSC, assim como do Selo Casa Azul e o Programa Madeira é Legal. O Programa Madeira é Legal é, em si, um exemplo de articulação entre agentes, resultado da parceria de diversas entidades, reunindo além de associações ligadas ao setor madeireiro, representantes do governo do estado de São Paulo, do setor da construção civil e da sociedade civil. Entre estes, destacam-se a Secretaria do Meio Ambiente (SMA), Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA), Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP), Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), Conselho Brasileiro de Manejo Florestal (FSC-Brasil) e WWF-Brasil. Criado em 2009 com o objetivo de combater a exploração predatória e ilegal dos recursos das florestas brasileiras através do incentivo ao uso de madeira legal e certificada, baseado na constatação da complexa relação entre o desmatamento da floresta amazônica e a comercialização de madeira de origem ilegal no estado de São Paulo (WWF BRASIL, 2015). Entre as suas ações estão a publicação de diversos materiais informativos que já somam mais de 20 com títulos como "Manual do Uso Sustentável da Madeira", "Catálogo de Madeiras Brasileiras para a Construção Civil" e "Cenário da Madeira FSC no Brasil

2012-2013". Além disso o Programa também vem atuando através da participação em eventos da construção civil como a FEICON (Salão Internacional da Construção e Arquitetura) e a Greenbuilding Brasil Conferência Internacional & Expo, na forma de estande de divulgação sobre o Programa Madeira é Legal, que conta também com a participação de empresas associadas. Há ainda uma plataforma online através do qual podem ser acessadas todas as publicações produzidas além de vídeos e palestras informativas.

Outra iniciativa resultado de uma parceria é o Espaço Conceito apresentado no evento Greenbuilding Brasil Conferência Internacional & Expo realizado em Agosto de 2016. O espaço consiste em um modelo de edificação de tipologia residencial que incorpora diversos elementos considerados sustentáveis dentro dos parâmetros de certificação ambiental do Referencial Casa. Quanto ao material construtivo, foi escolhido a madeira, tanto para estrutura (pilares e vigas de madeira serrada da espécie Pinus) quanto para vedação com painéis de MDF BP. O Programa Madeira é Legal e a WWF Brasil foram patrocinadores do espaço. E a empresa Berneck, produtora e fornecedora de componentes de madeira, que trabalha somente com madeira de reflorestamento certificada FSC, forneceu os materiais. Dentro do espaço ainda foram apresentados na forma de painéis informativos de questões relativas à legalidade e certificação da madeira, essenciais para a obtenção de créditos do Referencial Casa. O GBC Brasil (2016) ainda aponta que, embora o espaço seja o exemplo de uma certificação residencial, pode ser aplicado às diversas tipologias que buscam a certificação LEED. A criação do espaço físico na feira representa, mais do que a possibilidade de certificar residências, a aplicabilidade dos conceitos de sustentabilidade de maneira holística e a viabilidade de entrecruzamento entre os diferentes atores que atuam na formalização do uso da madeira (GBC BRASIL, 2016).

Figura 1. Espaço Conceito na Greenbuilding Brasil Conferência Internacional & Expo



Fonte: GBC BRASIL, 2016

5. CONCLUSÃO

A preocupação com a sustentabilidade e a mitigação das mudanças climáticas é um dos temas mais discutidos da atualidade e se refletem em setores como a construção civil, gerando diversas iniciativas que buscam construções mais sustentáveis. A madeira, um dos materiais mais antigos utilizados pelo homem, quando explorada adequadamente e atendendo às práticas de manejo florestal, é uma opção de material construtivo que vai de encontro a essas iniciativas.

A contradição no uso desse material está no fato de que, no cenário brasileiro ainda predomina a ilegalidade na sua comercialização. Neste sentido, o fomento ao uso da madeira legal e certificada tem papel fundamental na sua consolidação como material de construção sustentável. A exigência de documentos que comprovem sua origem e aplicação de práticas de manejo, aliados à educação tanto de profissionais quanto de consumidores com relação à importância deste tipo de documento, salientando seus benefícios diretos - com produtos de qualidade garantida - e indiretos - através da preservação das florestas - são as principais formas dessas iniciativas consolidarem a discussão.
Ao aplicar e exemplificar as possibilidades do uso sustentável da madeira como material da construção civil através de modelos como o Espaço Conceito, essas diversas certificações e associações assinalam na prática suas iniciativas. Sejam aplicadas à habitação ou qualquer outra tipologia, as articulações entre os diversos setores da cadeia produtiva de um determinado material alimenta um debate que é atual e ainda necessita se ampliar e fortalecer. Considerando os grandes impactos da construção civil ao meio ambiente e sua contribuição irrefutável sobre as mudanças climáticas, é necessário somar esforços que possuam credibilidade, fiscalizem e acompanhem o ciclo de vida de materiais como a madeira e contribuam com os mais diversos parâmetros do desenvolvimento sustentável, desde sua dimensão físico-ambiental, até as relações econômicas, sociais e culturais, dando, tanto ao consumidor quanto aos projetistas do setor construtivo a certeza da natureza legal do material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, H. Vigiar e unir - a agenda da sustentabilidade urbana? Revista VeraCidade, V. 2, n. 2, p. 1-11, 2007.

BÖRJESSON, P.; GUSTAVSSON, L. Greenhouse gas balances in building construction: wood versus concrete from life-cycle and forest land-use perspectives. Energy Policy 28, p. 575-588, 2000.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (Org.). Construção Sustentável. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel>. Acesso em: 04 out. 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (Org.). Florestas do Brasil em resumo 2013. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/publicacoes/112-tecnico-cientifico/572-florestas-do-brasil-em-resumo-2013>. Acesso em: 15 dez. 2016.

BUENO, C. Avaliação do ciclo de vida na construção civil: Análise de sensibilidade. São Carlos, 266 p., 2014. Tese (Doutorado) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

BUNZ, K.R.; HENZE, G.P.; TILLER, D.K. Survey of Sustainable Building Design Practices in North America, Europe, and Asia. Journal of Architectural Engineering, p. 33-62, mar. 2006.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: Páginas & Letras, 2010. 204 p.

CAMIOTO, F. de C. Consumo energético nos setores industriais brasileiros - Uma avaliação de desempenho e estratégias para a redução da emissão de CO2. São Carlos, 249 p., 2013. Tese (Doutorado) - Departamento da Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. Metodologia científica. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 164 p.

CIB e UNEP-IETC. (2002) Agenda 21 for sustainable construction in developing countries. Pretoria, África do Sul: CSIR Building and Construction Technology. [Documento para Discussão]

CONSELHO DE MANEJO FLORESTAL - FSC BRASIL. Manejo Florestal Responsável: a relação entre os aspectos ambientais, sócio-culturais e econômicos. 2012. Disponível em: <https://br.fsc.org/pt-br/fsc-brasil/biblioteca-e-videoteca/guias-cartilhas-e-folders>. Acesso em: nov. 2016.

CONSELHO DE MANEJO FLORESTAL - FSC BRASIL. Fatos e Números Novembro de 2016. 2016. Disponível em: <https://br.fsc.org/pt-br/fsc-brasil/fatos-e-nmeros>. Acesso em: nov. 2016.

FCAV E CERWAY. (Org.). Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais em Construção. 2014. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/aqua/referencias-e-guias/>. Acesso em: mar. 2016.

GBC BRASIL. Mais um ano de sucesso da Greenbuilding Brasil Conferência e Expo 2016. Revista Gbc Brasil: Construindo um Futuro Sustentável, São Paulo, n. 10, p.34-43, 2016.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa.São Paulo:Atlas, 2008.200 p.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (Brasil). Referencial GBC Casa: Guia Prático: Porque e como Certificar Seu Projeto. 2014. 24 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. Empresas certificadas CERFLOR/PEFC. 2016. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/empresas-cerflor.pdf>. Acesso em: nov. 2016.

JÚNIOR, H. de F. L. Sustentabilidade em empreendimentos imobiliários residenciais: avaliação dos custos adicionais para o atendimento dos requisitos de certificação ambiental. São Paulo, 193 p., 2013. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MACIEL, R. C. G. Certificação ambiental: uma estratégia para conservação da Floresta Amazônica. Campinas, 175 p., 2007. Tese (Doutorado) - Instituto de Economia, Universidade de Campinas.

PICCOLI, R.; KERN, A. P.; GONZÁLEZ, M. A. S. Sustentabilidade, avaliação e certificação de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XII., 2008, Fortaleza.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA - SEEG. Emissões Totais. Disponível em: <http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission>. Acesso em: nov. 2016.

SATHRE, R; GUSTAVSSON, L. Using wood products to mitigate climate change: External costs and structural change. Applied Energy v. 86, p. 251-257, 2009.

VILELLA, D. S. A sustentabilidade na formação atual do arquiteto e urbanista.Belo Horizonte, 179 p., 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais.

WORLD WILDLIFE FUND FOR NATURE - WWF BRASIL. Programa Madeira é Legal lições da promoção da madeira legal e certificada junto ao setor da construção civil. Brasília, 60 p., 2015. Disponível em: <http://www.madeiraelegal.com.br/?page_id=46>. Acesso em: nov. 2016.

YUBA, A. N. Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais. São Carlos, 230 p., 2005. Tese (Doutorado) - Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo.

ZENID, G. J. Madeira: Uso sustentável na construção civil. 2 ed. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009.

396. USO DO PÓ DE ROLAGEM DE ÁGATA EM ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND BRANCO FRENTE ÀS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DURABILIDADE

PETRY, Natália dos Santos[*1](nataliapetry@yahoo.com.br); CAPPELLESSO, Vanessa Giaretton*[1] *(vgcappellesso@gmail.com);* KIRCHHEIM*, Ana Paula*[1] *(anapaula.k@gmail.com), MASUERO, Angela Borges*[1] *(angela.masuero@ufrgs.br)*
[1]Univeridade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A utilização de resíduos na construção civil é uma maneira de atenuar os impactos ambientais gerados por este setor por utilizar como matéria prima recursos que são extraídos da natureza. O estado do Rio Grande do Sul é o maior beneficiador de pedras do tipo ágata, este processo gera uma grande quantidade de resíduos, o qual se apresenta sob três formas: pó, com formato arredondado; agregado miúdo, alongado, e a terceira no formato de agregado graúdo; todos de coloração clara. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência do emprego do resíduo de pó de rolagem de ágata como substituto ao agregado miúdo de calcário em argamassas de cimento Portland branco, referente às propriedades mecânicas, tais como resistência à compressão e resistência à tração na compressão diametral, e à questão de durabilidade, por meio do ensaio de absorção de água por capilaridade. Utilizaram-se três traços: traço intermediário (1:3,0), traço rico (1:1,5) e traço pobre (1:4,5), todos expressos em uma relação de cimento: areia seca, em massa. Foram adotados os seguintes teores de substituição do agregado miúdo por pó de rolagem de ágata: 0%, 15%, 30% e 45%, em volume. Os resultados mostraram que a substituição do agregado miúdo de calcário por resíduo de ágata foi benéfica, aumentando a resistência à compressão e a resistência à tração na compressão diametral e reduzindo a absorção de água por capilaridade. O incremento das resistências e a redução da absorção de água nas argamassas com a utilização do resíduo de ágata devem-se, provavelmente, ao efeito físico, o qual pode ter proporcionado um tamponamento dos poros servindo como um complemento para granulometria.
Palavras-chave: Ágata; Argamassa; Cimento Portland branco; Propriedades mecânicas; Durabilidade

AGATE ROLLING POWDER USE IN WHITE PORTLAND CEMENT MORTAR CONCERNING THE MECHANICAL PROPERTIES AND DURABILITY

ABSTRACT
The use of waste in construction is a way to mitigate the environmental impacts generated by this sector by using as raw material resources that are extracted from nature. The state of Rio Grande do Sul is the largest agate type stone producer, this process generates a large amount of waste, which is presented in three forms: powder, with a rounded format; fine aggregate, elongated, and the third in the aggregate format; all light-colored. The aim of this paper is to evaluate the influence of agate rolling powder as a substitute for the limestone fine aggregate in white Portland cement mortars, With respect to the mechanical properties, such as compressive strength and tensile strength in diametral compression, and the durability, by means of the capillary water absorption

test. Three proportions were used: intermediate ratio (1: 3.0), rich ratio (1: 1.5) and poor ratio (1: 4.5), all expressed in a cement: dry sand mass ratio. The following substitution levels were adopted of the fine aggregate by agate rolling powder: 0%, 15%, 30% and 45% by volume. The results showed that the replacement of the limestone fine aggregate with agate residue was beneficial, increasing the compressive strength and the tensile strength in the diametral compression and reducing the capillarity water absorption. The increase in strength and water absorption reduction in mortars with the use of the agate residue is probably due to the physical effect, which may have provided a pore buffer serving as an adjunct to granulometry.
Keywords: Agate; Mortar; White Portland cement; Mechanical properties; Durability

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é uma das nove regiões geográficas do mundo com excepcional volume na produção de gemas e está classificado como o maior produtor de ágata do tipo Umbu e de outras gemas. Dentro do Brasil o estado do Rio Grande do Sul não se destaca pela variedade, mas sim pela quantidade que produz, ocupando o terceiro lugar no país, após Minas Gerais e Bahia (BRANCO; VIEIRO, 2004).

O processo produtivo de pedras preciosas, como a ágata, gera resíduos que demandam um direcionamento, visto que atualmente são depositados nos pátios das empresas, ocupando grandes áreas, impermeabilizando o solo e podendo causar impactos ao meio ambiente. O ideal seria reduzir a quantidade de resíduos em todas as fases do processo de beneficiamento (desde a extração até o produto final). Entretanto, resíduos sempre serão gerados na maioria dos processos de beneficiamento de materiais. (BETAT, 2006)

A construção civil apresenta-se como uma excelente alternativa para receber estes resíduos, contribuindo para a minimização dos impactos ambientais, já que a extração de matérias-primas utilizadas por este segmento gera grandes impactos. A coloração clara do resíduo de ágata permite o emprego com cimento branco, visto que pode ser usada como substituição aos agregados de calcário utilizados, geralmente, na produção de concretos e argamassas produzidas com cimento branco.

Concretos brancos são produzidos com agregados miúdos e graúdos de cores claras, para que as colorações não influenciam esteticamente. Para tal é adotado o cimento Portland branco, que apresenta esta coloração por não ter em sua composição óxidos de ferro e manganês, responsáveis pela cor cinza do cimento Portland convencional. Passuelo (2004) afirma que a simples utilização de cimento branco não necessariamente irá satisfazer as exigências de cor, pois a cromaticidade da mistura da matriz cimentícia depende de todos os materiais envolvidos no processo. Segundo Kirchheim et al. (2011) inúmeros materiais inertes podem ser usados como agregados para produção de concretos de cimento Portland branco, incluindo os calcários e as areias silicosas ou argilosas, basaltos, mármores e granitos. Passuelo (2004) destaca que, mesmo com os agregados graúdos apresentando parâmetros cromáticos escuros, como agregados de origem basáltica por exemplo, os concretos manterão uma coloração clara. Desta maneira como o agregado graúdo não fica visível na superfície do concreto, pode-se considerar que ele tem um papel menos importante, assim apresentando pouca influência sobre a cor (FONSECA; NUNES,1998). Entretanto, o mesmo não é válido para o agregado miúdo, pois estes têm grande influência na cor da mistura.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a avaliar a influência da substituição do agregado miúdo de calcário por pó de rolagem de ágata no comportamento mecânico e na durabilidade de argamassas de cimento Portland branco, para um emprego futuro em concretos brancos.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Materiais

Aglomerante: Cimento Portland branco estrutural, classe de resistência de 40MPa. Este cimento apresenta características similares aos cimento de alta resistência inicial. As tabelas 1 e 2 mostram a caracterização deste material.

Tabela 8. Caracterização química do cimento Portland branco

CaO	SiO_2	Al_2O_3	SO_3	Fe_2O_3	MgO	Na_2O	K_2O	CO_2
67,5	22,4	1,68	1,62	0,29	0,27	0,05	0,06	2,37

Tabela 9. Caracterização física do cimento Portland branco

Área específica (m^2/g)	Diâmetro médio (mμ)	Massa específica (g/cm^3)	Tempo de pega (h)		Resistência à Compressão (MPa)			Perda ao fogo (%)
			Inicio	Fim	3 dias	7 dias	28 dias	
4,87	14,75	3,06	1h14min	1h48min	31,82	38,99	45,30	6

Agregado miúdo de calcário: O agregado calcário é um material carbonático composto de calcita, dolomita e quartzo. Este material é o mais utilizado para a produção de concretos brancos, apresenta módulo de finura de 3,39, dimensão máxima de 4,75mm, massa específica 2,73 g/cm^3, absorção de água de 1,81% e massa unitária de 1,25 g/cm^3. A Tabela 3 mostra a caracterização química do agregado.

Tabela 10. Caracterização química do agregado miúdo de calcário

CaO	SiO_2	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	K_2O	SO_3	TiO_3	MnO	P_2o	SrO	CO_2
30,66	20,17	9,43	1,67	1,81	0,31	0,26	0,15	0,06	0,05	0,05	35,36

Pó de rolagem de ágata: O resíduo utilizado foi coletado em uma empresa de beneficiamento de geodos de ágata. Este é caracterizado por apresentar grandes quantidade de óxido de silício. O resíduo apresenta módulo de finura de 2,20, diâmetro máximo de 4,75 mm, massa específica de 2,53g/cm^3, absorção de água de 0,76%, massa unitária de 1,54 g/cm^3. A Tabela 4 apresenta a caracterização química do material.

Tabela 11. Caracterização química do pó de rolagem de ágata

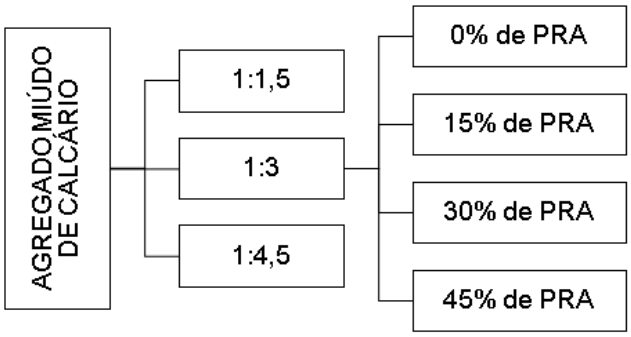
SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	SO_3	MnO	CO_2
95,01	1,24	0,85	0,59	0,06	0,03	2,06

3.2 Métodos

3.2.1 Matriz experimental

A matriz experimental realizada compreendeu a definição de três traços, um tipo de agregado miúdo e quatro teores de substituição do agregado miúdo por pó de rolagem de ágata (PRA). Desta forma, o estudo em argamassas abrangeu doze traços.

Figura 14. Matriz experimental



3.2.2 Dosagem das argamassas

Para determinar a quantidade de material a ser utilizado em cada traço, primeiramente foi verificada a massa específica destes materiais. Como estas são diferentes, as misturas foram realizadas em volume, com subsequente transformação para um proporcionamento em massa. Para a realização da dosagem de água, e posterior confecção dos corpos de prova (cp's), as misturas de argamassa foram realizadas conforme a NBR 7215 (ABNT, 1997).

Nesta dosagem, fixou-se a consistência em 225±10 mm, para todos os traços, variando, deste modo, a quantidade de água para cada mistura. Após a moldagem dos corpos de prova, os mesmos foram mantidos durante 24 horas em ambiente de laboratório e cobertos. Depois deste período eles foram desmoldados e foram submetidos a cura submersa em água saturada com cal até os 28 dias de idade, data esta da execução dos ensaios.

3.2.3 Ensaios realizados

Para se alcançar os objetivos propostos foram realizados os ensaios: de resistência à compressão conforme NBR 5739 (ABNT, 2007); de resistência à tração na compressão diametral, conforme NBR 7222 (ABNT, 2011); e de absorção de água por capilaridade, conforme descrito pela NBR 9779 (ABNT, 2012) adaptado por Venquiaruto et al. (2014), no qual os autores propõem o selamento da superfície lateral dos corpos de prova, garantindo assim a absorção unidirecional e diminuindo as variabilidades decorrentes da evaporação pelas laterais dos corpos de prova.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados obtidos e a discussão dos mesmos.

4.1 Resistência à compressão axial

Na Figura 15 é possível avaliar o efeito da relação água/aglomerante sobre a resistência à compressão das argamassas. Como optou-se por não manter constante a relação água/aglomerante pode-se perceber, que esta sofreu variação, influenciada pela quantidade do teor de substituição do agregado miúdo por pó de rolagem de ágata (PRA). Os dados constantes são resultantes dos valores médios obtidos para cada combinação. Para cada curva de dosagem foi calculado a respectiva equação exponencial, a qual foi utilizada para o cálculo dos valores estimados, que serão apresentados na Figura 15.

Figura 15. Influência da relação água/aglomerante na resistência à compressão aos 28 dias para diferentes teores de substituição do agregado miúdo de calcário por pó de rolagem de ágata

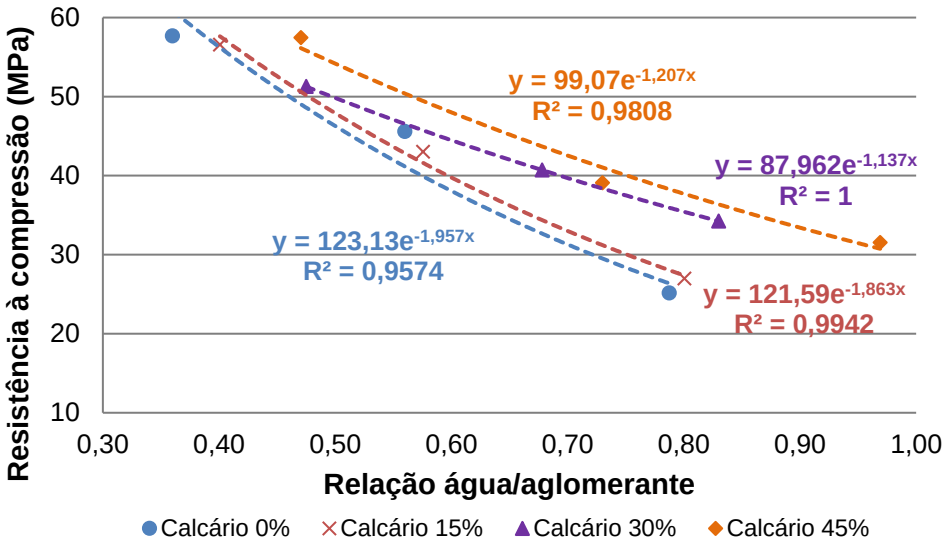
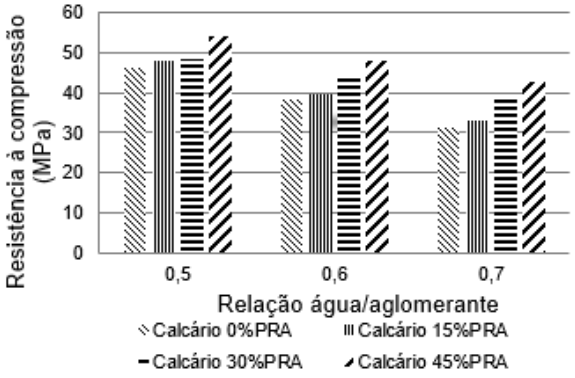


Figura 16. Valores estimados de resistência à compressão aos 28 dias para diferentes relações água/aglomerante

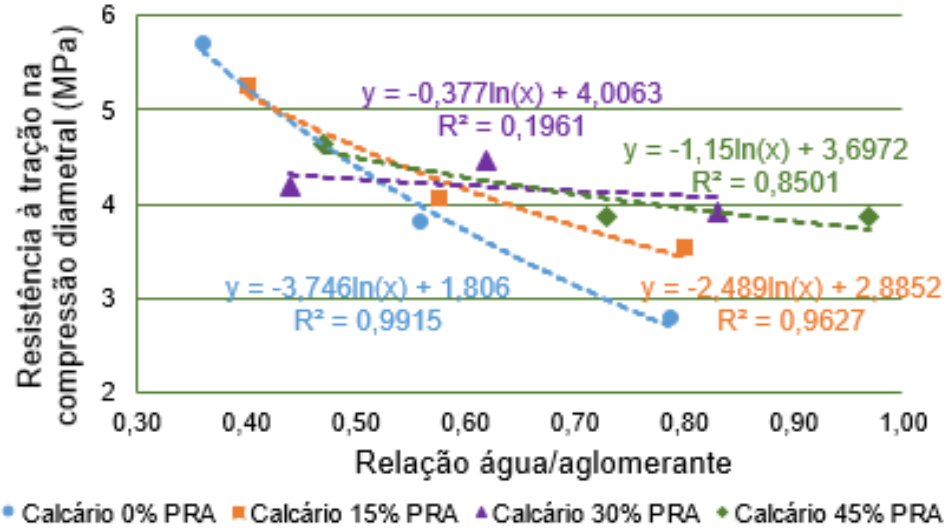


Quando se realiza a comparação das resistências à compressão, para uma mesma relação água/aglomerante (Figura 3), percebe-se que a resistência é aumentada para uma maior substituição de pó de rolagem de ágata por agregado de calcário. Para as argamassas com relação água/aglomerante de 0,70, por exemplo, a que possui teor de substituição de 45% de PRA quando comparada à argamassa referência (calcário miúdo com 0% PRA) teve um acréscimo de 36% na resistência à compressão.
O incremento da resistência nas argamassas com a utilização do pó de rolagem de ágata deve-se provavelmente ao efeito físico, ocasionado por ele, o qual pode ter proporcionado uma tamponamento dos poros e ter servido de complemento da granulometria. Segundo Dal Molin (2011), o aumento da quantidade de fíler em matrizes cimentícias é capaz de ativar a hidratação do cimento atuando como pontos de nucleação, provocando a precipitação de produtos hidratados, e deste modo, acelerando o incremento de resistência, tornando a pasta de cimento mais densa e homogênea a partir do refinamento do diâmetro e melhor distribuição dos poros.

4.2 Resistência à tração por compressão diametral

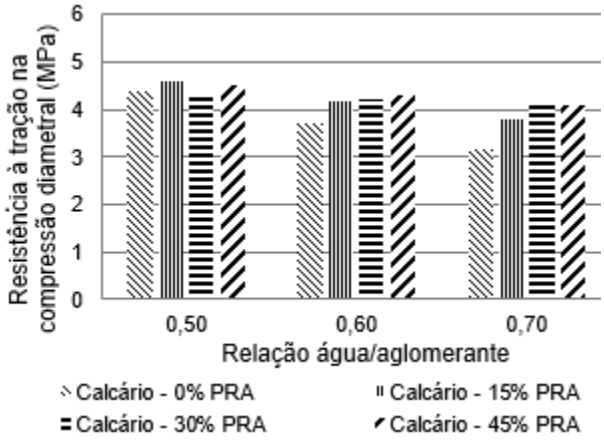
Na Figura 17 avalia-se a influência da relação água/aglomerante na resistência à tração por compressão diametral das argamassas. Nota-se que para todos os teores de substituição houve uma redução na propriedade avaliada com o aumento da quantidade de água, fato já esperado.

Figura 17. Influência da relação água/aglomerante na resistência à tração por compressão diametral em argamassas com diferentes teores de substituição



Na Figura 18 quando se analisa determinadas relações água/aglomerante, observa-se um acréscimo na resistência à tração por compressão diametral conforme o aumento da substituição por PRA. Sendo que o maior incremento quando comparado o teor máximo de substituição com o teor zero de substituição ocorreu para as argamassas de relação água/aglomerante 0,70, tendo sido verificado um acréscimo de 30,57% na resistência para 45% de substituição de PRA.

Figura 18. Valores estimados de resistência à tração por compressão diametral em argamassas com diferentes teores de substituição para diferentes relações água/aglomerante

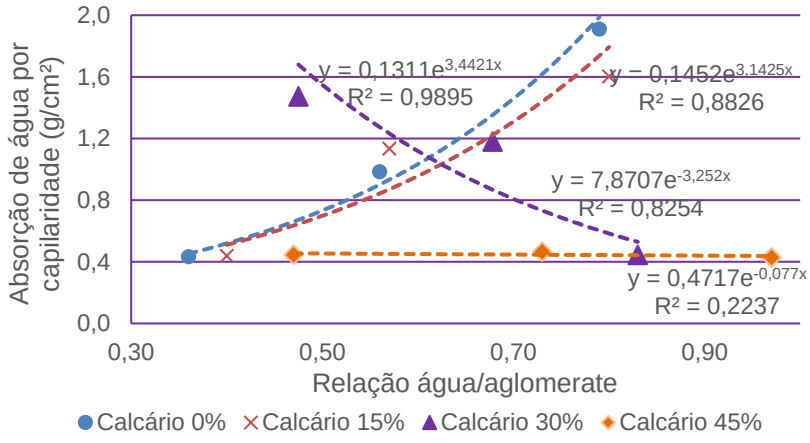


Segundo Dal Molin (2011), o acréscimo da resistência à compressão decorrente do efeito microfíler não corresponderá a um aumento na resistência à tração, sendo que o ganho significativo da resistência à tração se dá somente quando ocorrem as reações pozolânicas, com a redução do tamanho e da concentração dos cristais de hidróxidos de cálcio na zona de transição.
Observou-se que o acréscimo de resistência à tração por compressão diametral não foi proporcional ao incremento ocasionado na resistência à compressão. Esse fato já foi salientado por Gonçalves (2000), quando inserido o fíler de corte de granito na mistura, que por conta de sua finura auxilia na densificação da zona de transição, há ganhos na resistência à compressão, entretanto na resistência à tração este incremento não é proporcional.

4.3 Absorção de água por capilaridade

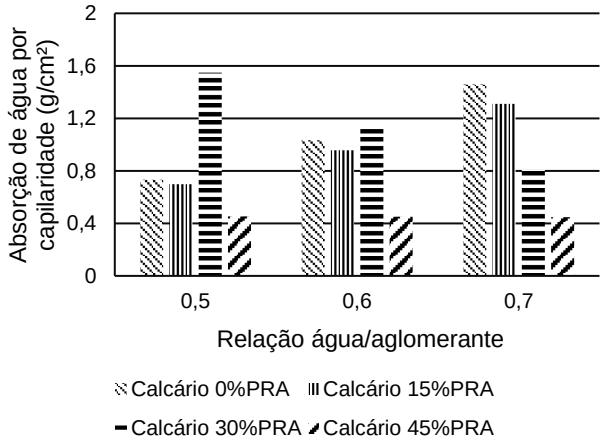
Observa-se que a utilização do pó de rolagem de ágata reduziu a absorção de água por capilaridade em todas as misturas, com uma exceção para o traço 1:1,5 com 30% PRA, no qual a absorção foi superior (Figura 6).

Figura 19. Influência da relação água/ aglomerante na absorção de água por capilaridade das argamassas produzidas com agregado miúdo de calcário com diferentes teores de substituição por pó de rolagem de ágata



A maior redução de absorção aconteceu para a relação água/aglomerante de 0,70, na qual a diminuição chegou a 231%, quando se comparam as argamassas com o teor de 0% PRA com as com teor de 45% PRA. Também observou-se uma redução importante para a água/aglomerante de 0,60, onde se obteve uma redução de 69,77%, quando comparadas argamassas com 0% PRA e 45% PRA (Figura 7).

Figura 20. Valores estimados da absorção de água por capilaridade das argamassas produzidas com agregado miúdo de calcário para diferentes relações água/ aglomerante



Essa redução na absorção de água por capilaridade pode estar atrelada à melhora no empacotamento das argamassas e no efeito fíler proporcionado pelo pó de rolagem de ágata, como já mencionado anteriormente, que apresenta elevada quantidade de finos (< 150µm).
No estudo de Arnold (2011) também observou-se um comportamento similar, embora a autora tenha utilizado fíler oriundo da britagem da areia basáltica. A medida que o teor deste material era acrescido nas misturas, a absorção de água era reduzida. Vale lembrar que a absorção de água está relacionada com a durabilidade, e esta não é uma propriedade intrínseca dos materiais, mas sim está relacionada com o desempenho dos mesmos sob determinadas condições de exposição (POSSAN, 2010).

5. CONCLUSÃO

A preocupação com o meio ambiente e os impactos ambientais provocados pelo setor da construção civil servem de incentivo para a busca de materiais alternativos à serem empregados em substituição de matérias-primas naturais, deste modo o uso de resíduos passa a ser um grande atrativo para suprir a demanda do setor e colaborar para a sustentabilidade do mesmo.
A pó de rolagem de ágata em substituição parcial ao agregado miúdo calcário apresentaram uma maior resistência à compressão e à tração na compressão diametral e menor absorção de água por capilaridade. A relação água/aglomerante de 0,7 foi a que teve maior incremento de resistência para a mesma relação com o aumento do teor de substituição. Assim, como esta relação foi a que mostrou maior redução na absorção para as mesmas variações. Diante disso, o pó de rolagem apresentou melhor desempenho para as características avaliadas na relação água/aglomerante de 0,7 e teor de substituição de 45%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779: argamassa e concreto endurecidos – determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

ARNOLD, D. C. M.; Análise da influência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas. 2011. 185fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação de Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo/RS.

BETAT, E. F. Concretos produzidos com resíduos do beneficiamento de ágata: avaliação da resistência à compressão. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação de Engenharia: Energia, Ambiente e Materiais (Graduação em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Luterana do Brasil, Canoas. 2006.

BRANCO, P.; VIERO, A. I. N. I. Mercado de gemas e pedras do Rio Grande do Sul. Conselho em Revista: matérias técnicas, Porto Alegre, n. 4, p. 16-18. 2004. Disponível em: <http://www.crea-rs.org.br/crea/pags/revista/04/index.htm>. Acesso em: 08 jul. 2014.

CHUNG, S. S.; LO, C. W. H. Evaluating sustainability in waste management: the case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong. Resources, Conservation and Recycling, v. 37 (2), p. 119 -145, 2003.

Dal Molin, D. C. C.. Adições Minerais. In ISAIA, G.C. Concreto: Ciência e tecnologia, v. I-II. São Paulo, INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO, IBRACON, 2011

FONSECA, A. A. e NUNES, A. Betão branco: fabrico, características e utilização estrutural. . In: 2a Jornadas de Estruturas de Betão, 1998. Anais... Portugal.: [s.n.], 1998.

GONÇALVES, J. P., I. Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos. 2000. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2000.

KIRCHHEIM, A. P.; PASSUELO, A.; DAL MOLIN, D. C.; SILVA FILHO, L. C. P. Concreto branco. In: 2V., 1 ed.p. 1684 – 1730. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011.

PASSUELO, A. Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - UFRGS. Porto Alegre, 2004.

PINTO, T. P. Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP. São Paulo: Obra Limpa: I&T: SindusCon-SP, 48 p. 2005. Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Manual_Residuos_Solidos.pdf>. Acesso em: 25 Jun. 2014.

POSSAN, E. Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano. 2010. 265f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - 2010.

VENQUIARUTO, S.; OSSORIO, A.; ZANINI, C.; DAL MOLIN, D. C. C.; MASUERO, A. Aproveitamento de Resíduos de Ágata Reciclada em Materiais Cimentícios Sustentáveis. In: HARTMANN, L. A.; SILVA, J. T. da; DONATO, M. (Orgs.). Tecnologia e Inovação em Gemas, Joias e Mineração. 1. ed. Porto Alegre: IGeo/UFRGS, 2014. p. 99-106.

407. ESTUDO DOS RESÍDUOS GERADOS DO REVESTIMENTO EXTERNO DE ARGAMASSA DE UMA OBRA

MACIEL, Elenize Ferreira[*1](elenizefm@gmail.com); SALUM, Paula Lima*[2] *(paulalimasalum@gmail.com); DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho*[1](dmolin@ufrgs.br), *MASUERO, Angela Borges*[1] *(angela.masuero@ufrgs.br)*

[1]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

[2]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

O setor da construção civil apresenta reconhecida importância para a economia brasileira e mundial, ao mesmo tempo em que se caracteriza como uma atividade geradora de impactos ambientais significativos. O volume de resíduos gerados durante o processo de construção contribui com uma grande parcela destes impactos, podendo representar até 70% dos resíduos sólidos urbanos de um município. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo fazer o diagnóstico dos resíduos provenientes da execução de um revestimento externo de argamassa de uma edificação residencial multifamiliar. O estudo foi realizado em uma construção de um prédio residencial de 5 pavimentos, onde foram realizados levantamentos das entradas e saídas da atividade e aspectos e impactos ambientais. Observou-se uma geração em torno de 1.129 kg de resíduos de argamassa industrializada oriunda da execução do revestimento, estimando-se ao final da obra mais de 14 t de resíduos de argamassa (8 m³), causando com isso prejuízo ambiental e financeiro ao final da obra do empreendimento.

Palavras-chave: Construção civil; gerenciamento de resíduos; revestimento externo; argamassa.

STUDY OF WASTE GENERATED FROM THE OUTER COATING OF MORTAR OF A BUILDING

ABSTRACT

The construction industry has a recognized importance for the Brazilian and world economy, at the same time as it is characterized as an activity generating significant environmental impacts. The volume of waste generated during the construction process contributes a large share of these impacts, which can represent up to 70% of municipal solid waste. In this context, the aim of this work is to diagnose waste resulting from the execution of an external mortar covering of a multifamily residential building. The study was carried out in a 5 floors residential building, where there were surveys of the entrances and exits of the activity and environmental aspects and impacts. It was observed a generation around 1129 kg of waste of industrialized mortar coming from the execution of the coating, being estimated at the end of the work more than 14 t of waste of mortar (8 m³), causing with it environmental and financial damages at the end of the project.

Keywords: Civil construction; waste management; outer coating; mortar.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil possui considerável papel na economia brasileira e mundial. Segundo John (2000), este é o maior consumidor de recursos naturais, absorvendo de 20 a 50% desses recursos explorados no mundo. Causando assim, significativo impacto ambiental negativo pela quantidade de resíduos gerados. A geração de resíduos pode ser por diversos fatores, como falha no planejamento de projetos, processos utilizados na construção, baixa qualificação da mão-de-obra, desperdícios e perdas devido às questões de gestão e controle da produção, e a outros aspectos próprios dessa atividade.

Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012), que foi instituído pela Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) e sanciona a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos da construção civil são caracterizados como sendo os resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis, sendo estes de responsabilidade do seu gerador (CONAMA, 2002).

A problemática em relação aos resíduos da construção civil é principalmente pelo volume de resíduos gerados, podendo representar até 70% dos resíduos sólidos urbanos de um município (BRASIL, 2012).

Os resíduos da construção civil são classificados, de acordo com a Resolução 307 (CONAMA, 2002) em Classe A (resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, de construção, demolição, reformas e reparos de edificações ou de processo de fabricação ou demolição de peças pré-moldadas), Classe B (resíduos recicláveis, como plásticos), Classe C (resíduos sem tecnologias ou aplicações viáveis que permitam a sua reciclagem, como o gesso) e Classe D (resíduos perigosos, tais como tintas, solventes e óleos). Os resíduos de argamassa, que serão estudados neste trabalho, são classificados de acordo com a Resolução 307 (CONAMA, 2002) como Classe A.

De acordo com a Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2013), os municípios geraram mais de 117 mil t/dia de resíduos de construção e demolição no ano de 2013, sendo 4,6% a mais do que foi gerado no ano de 2012 (112 t/dia). O fator preocupante é que os dados apresentados se restringem apenas aos resíduos coletados pelos municípios, desconsiderando o descarte irregular de resíduos de construção e demolição, fazendo com que na realidade a geração desses resíduos seja superior aos dados apresentados. Além disso, muitos resíduos ainda são enviados direto para aterros, sem oportunidade de reciclagem.

Neste contexto, é fundamental ao gerador destes resíduos, ter o controle da quantidade de resíduos gerados, bem como procedimentos que possibilitam sua reutilização dentro da mesma obra e potenciais formas de minimização destes resíduos.

1.1 Revestimento de argamassa

O revestimento de argamassa é caracterizado como uma proteção de uma superfície com uma ou mais camadas, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada um revestimento final como pintura, revestimento cerâmico, entre outros. As principais funções de um revestimento de argamassa são proteger a base de alvenaria e a estrutura da ação direta dos agentes agressivos contribuindo para o isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e aos gases, de tal forma que o acabamento final resulte numa base regular (ABCP, 2012).

Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005) a argamassa de revestimento é composta como uma mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerantes inorgânicos e água, podendo conter ou não aditivos com propriedades de aderência e endurecimento, sendo dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Entre as camadas que compõem o revestimento externo, estão o chapisco, o emboço e o reboco. Estas camadas estão definidas pela NBR 13529 (ABNT, 1995) como:

- Chapisco: camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.
- Emboço: camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.
- Reboco: camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.

Além das camadas expostas na NBR 13529 (ABNT, 1995), existe também a camada definida como massa única que é quando o revestimento é executado numa camada única, cumprindo as funções do emboço e reboco. A massa única é muito utilizada em revestimentos que usam argamassa industrializada (ABCP, 2012).

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo fazer o diagnóstico dos resíduos provenientes do reboco externo de um revestimento de argamassa de uma edificação residencial multifamiliar.

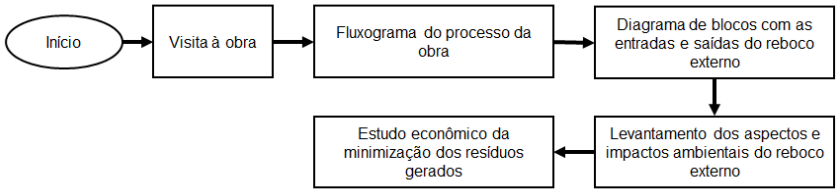
3. METODOLOGIA

O empreendimento estudado está localizado no município de Canoas (região metropolitana de Porto Alegre) no Estado do Rio Grande do Sul. Consiste na construção de um condomínio residencial, com 12 torres de 5 pavimentos, no qual cada pavimento possui 4 apartamentos de 47,94 m², construídos em alvenaria estrutural. A obra, que iniciou em novembro de 2014, tinha previsão de término para dezembro de 2016, mas, devido alguns atrasos, sua conclusão ocorrerá em 2017.

A obra tem aproximadamente oito colaboradores diretos e oitenta colaboradores terceirizados. No revestimento externo, trabalham três colaboradores, sendo dois pedreiros executando o reboco externo e um ajudante que auxilia na reposição da argamassa.
Esta obra possui licença de operação, expedida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Canoas/RS. A empresa executora não possui sistema formal de gestão ambiental. Assim, não há uma política ambiental expressa, bem como não são utilizados procedimentos para identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos ou serviços com fins de controle. Todavia, apresenta caçambas identificadas para segregação dos resíduos gerados.
Para que fosse possível fazer uma estimativa da geração dos resíduos do reboco externo do revestimento de argamassa, foi analisada a geração de resíduos de um dos blocos do empreendimento.

A Figura 1, apresenta um fluxograma que sintetiza as etapas para realização deste trabalho.

Figura 21. *Fluxograma com as etapas deste trabalho*



Fonte: Elaborada pelas autoras (2016).

Para o levantamento dos aspectos e impactos ambientais foi elaborada uma planilha adaptada de Brand (2003), onde foram considerados os itens apresentados na Tabela 1.

Tabela 12. *Itens apresentados na planilha de aspectos e impactos ambientais*

Atividade	Conjunto de ações que resultam em um processo, produto ou serviço. Nesse campo, segregam-se as atividades do setor, buscando facilitar o levantamento dos aspectos e impactos ambientais.
Aspecto	Elemento das atividades, produtos ou serviços, que podem interagir com o meio ambiente.
Impacto	Qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, proveniente de qualquer atividade, produto ou serviço, que resulte dos aspectos ambientais.
Situação	Normal (N): situações esperadas e relacionadas com a rotina operacional. Emergencial (E): eventos inesperados que podem ocasionar danos graves ao meio ambiente.
Abrangência	Avalia a abrangência do impacto ambiental, 1 ponto: pode causar impacto localizado ou no entorno do local de ocorrência; 2 pontos: pode causar impacto que ultrapassa o local de ocorrência, porém é restrito aos limites da organização; 3 pontos: pode causar impacto regional ultrapassando os limites da organização até 100 km do seu entorno e 4 pontos: pode causar impacto regional ultrapassando os 100 km de entorno da organização.
Severidade	São utilizados pontos para representar a gravidade da alteração e a capacidade de remediação do impacto ambiental; 1 ponto: não causa danos; 2 pontos: causa danos leves; 3 pontos: causa danos moderados e 4 pontos: causa danos severos.
Frequência	É a periodicidade de ocorrência do aspecto/impacto ambiental, em situação normal, 1 ponto: semestral ou maior, 2 pontos: mensal, 3 pontos: semanal e 4 pontos: diária.
Critérios de avaliação	Soma das análises quantitativas, até 6 pontos: desprezível; 7 a 9 pontos: moderado e 10 a 18 pontos: crítico.
Significância	Será considerado significativo (S) todo o aspecto e impacto classificado como moderado ou crítico e não significativo (NS) todo o aspecto e impacto classificado como desprezível.

Fonte: Brand (2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Visita à obra e fluxograma de seu processo

As visitas à obra ocorreram em três ocasiões, onde foram coletados os dados para a realização do trabalho, através do contato com o engenheiro civil e mestre de obras responsáveis pela obra, como também com os funcionários que executaram a atividade do revestimento externo do bloco estudado. Na Figura 2 é possível visualizar a obra (A) e o bloco onde foi realizado o estudo (B).

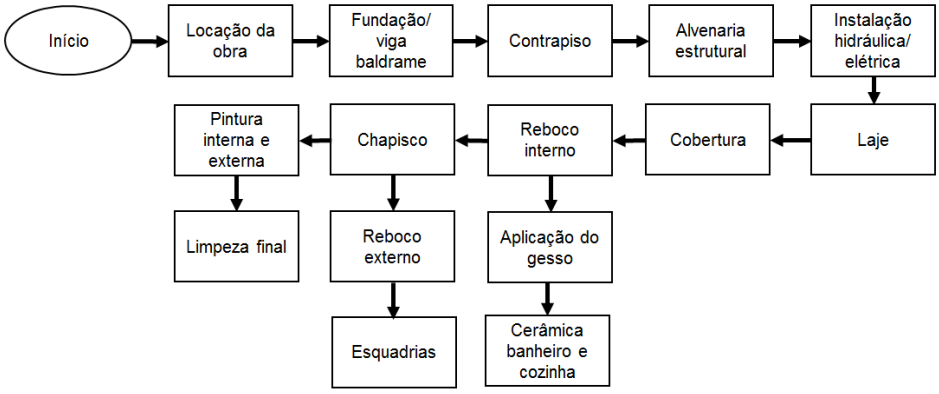
Figura 22. *Vista da obra (A) e bloco onde foi realizado o estudo (B)*



Fonte: Registrada pelas autoras (2016).

As atividades para construção de cada bloco do empreendimento estão demonstradas no fluxograma da Figura 3.

Figura 23. *Fluxograma das atividades para construção de cada bloco do empreendimento*



Fonte: Elaborada pelas autoras (2016).

Das atividades apresentadas, será estudada neste trabalho apenas o reboco externo. As demais atividades não são o foco deste trabalho.

4.2 Reboco externo do revestimento de argamassa

No subsistema estudado, o substrato é constituído de blocos estruturais de concreto. O chapisco é produzido na obra com traço 1:3:0,6 (areia grossa : CP IV : a/c) sendo aplicado manualmente. A argamassa empregada do reboco é industrializada e estabilizada (argamassa express para reboco – Bennter), pronta para o uso com prazo de utilização de 36 horas. Essa argamassa é descarregada no local da obra em containers com volume de aproximadamente 1 m³. A espessura do revestimento externo fica em torno de 3,5 cm, não ultrapassando este limite. A argamassa é composta por cimento, agregados miúdos e aditivos químicos, misturados na central da empresa produtora. A compra desta argamassa para uso no reboco é realizada de acordo com a programação das atividades (demanda).

A execução do reboco também é manual com sarrafeamento feito com auxílio de régua, com translado vertical dos funcionários feito com elevador hidráulico. Na Figura 4 é possível visualizar a argamassa estabilizada que é empregada no revestimento externo estudado. As características técnicas da argamassa podem ser observadas na Tabela 2, sendo que estas características foram fornecidas pelo fabricante da argamassa.

Apesar de todas as características técnicas serem através de métodos de ensaio de normas brasileiras (Tabela 2) e estarem de acordo com a classificação da NBR 13.281 (ABNT, 2005), não há um demonstrativo de valores reais uma vez que não foi possível ter acesso a dados mais específicos em relação a argamassa utilizada na obra.

Figura 24. *Argamassa industrializada e estabilizada (revestimento externo)*



Fonte: Registrada pelas autoras (2016).

Tabela 13. *Características técnicas da argamassa empregada no revestimento externo*

Ensaio	Classificação – NBR 13.281	Método de ensaio
Resistência a compressão (MPa)	P5 – 5,5 a 9,0	NBR 13.279
Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m³)	M4 – 1400 a 1800	NBR 13.280
Resistência à tração na flexão (MPa)	R5 – 2,7 a 4,5	NBR 15.279
Coeficiente de capilaridade (g/dm².min½)	C6 - >10,0	NBR 15.259
Densidade de massa no estado fresco (kg/m³)	D4 – 1600 a 2000	NBR 13.278
Retenção de água (%)	U2 – 72 a 85	NBR 13.277
Resistência potencial de aderência à tração (MPa)	A3 – ≥0,30	NBR 15.258

Fonte: Informações fornecidas pelo fabricante da argamassa (2016).

4.3 Diagrama de blocos do reboco do revestimento externo de argamassa

Para a atividade do reboco externo, foi realizada uma descrição dos materiais envolvidos, com base nas observações realizadas durante as visitas à obra. Estes resultados estão apresentados na forma de diagrama de blocos, que consiste nas entradas e saídas da atividade do reboco externo.

Figura 25. *Entradas e saídas da atividade de reboco externo*

Entrada		**Atividade**		**Saída**
Argamassa e energia	→	Reboco externo	→	Resíduo de argamassa

Fonte: Elaborada pelas autoras (2016).

Conforme apresentado na Figura 5, foi observado que, em relação ao reboco externo, o único resíduo gerado é o resíduo de argamassa. Este resíduo se acumula na base do bloco uma vez que parte do material lançado cai em virtude da reflexão e parte devido ao processo de sarrafeamento do mesmo (Figura 6). Este resíduo é mantido na base do bloco até o início da atividade de pintura externa, podendo ser usado como aterro dentro da obra.

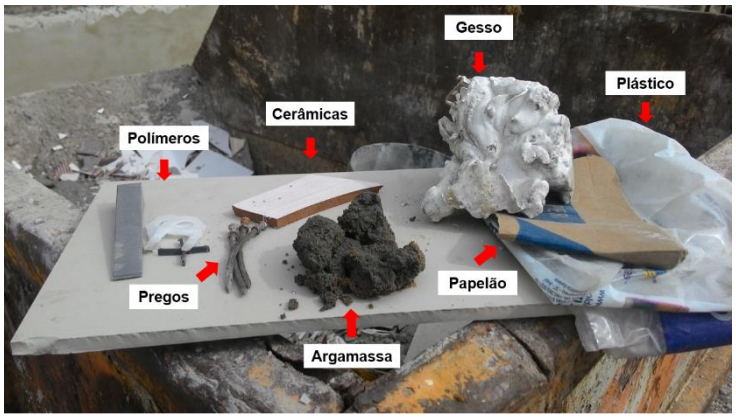
Figura 26. *Resíduo de argamassa acumulada na base do bloco*



Fonte: Registrada pelas autoras (2016).

Ademais, apesar de não ser o escopo do item entradas e saídas deste trabalho, é interessante apresentar os resíduos encontrados em uma caçamba identificada como destino somente de caliças, concreto e cerâmica, apresentava uma variedade de tipos de resíduos (Figura 7), influenciando posteriormente no processo de reaproveitamento dos resíduos sólidos da obra

Figura 27. *Resíduos encontrados dentro de uma caçamba*



Fonte: Registrada pelas autoras (2016).

4.4 Levantamento dos aspectos e impactos ambientais do reboco do revestimento externo de argamassa

A Tabela 3 apresenta a avaliação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de reboco externo.

Tabela 14. *Planilha dos aspectos e impactos ambientais do reboco externo*

Atividade	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Avaliação da Significância					
			SIT	ABR	SEV	FRE	C.A	SIG
Reboco externo	Consumo de argamassa estabilizada	Uso de recursos naturais não renováveis	N	3	3	4	10	S
	Consumo de água	Uso de recursos naturais não renováveis	N	3	3	4	10	S
	Geração de resíduos de argamassa estabilizada	Ocupação de aterros	N	3	4	2	9	S
		Contaminação do solo	N	2	3	2	7	S
	Consumo de energia	Uso de recursos naturais não renováveis	N	3	3	4	10	S

Legenda: SIT: Situação (N - Normal), ABR: Abrangência, SEV: Severidade, FRE: Frequência, C.A: Critérios de Avaliação, SIG: Significância (S - Significativo).

Fonte: Elaborada pelas autoras (2016).

A atividade de reboco externo apresentou um total de cinco impactos significativos potenciais. Foi possível observar que, dos impactos ambientais existentes, todos são de situação normal, ou seja, são de rotina durante a execução do serviço.

A abrangência dos impactos variou de 3 a 2, pois os impactos podem ultrapassar o local de ocorrência ou causar impacto regional ultrapassando os limites de 100 km do seu entorno.
A severidade dos impactos variou de 4 a 3, pois a gravidade da alteração e a capacidade de remediação do impacto poderá causar danos de moderados a severos.
A frequência dos impactos variou de 4 a 2 e isso se deve ao fato de que a frequência da execução da atividade como um todo é diária, pois, devido ao tempo para execução do bloco, a atividade não sofre interrupção durante o período de um mês. O período da execução do reboco externo em cada bloco é, em média, de 14 dias, sendo que assim que se finaliza um bloco, inicia-se outro.

4.5 Estudo econômico da minimização dos resíduos gerados no subsistema de revestimento externo de argamassa

Na análise de geração de resíduos foi escolhido um bloco do empreendimento, uma vez que, durante o levantamento de dados, era neste local que a equipe de revestimento externo estava trabalhando. Como já mencionado, por reflexão e sarrafeamento, parte da argamassa utilizada na execução do reboco desta obra torna-se resíduo, o qual se acumula na base do bloco, entre o elevador hidráulico e a construção propriamente dita. Para o estudo, foi feita coleta do material através da disposição de uma lona plástica na base de uma das laterais do bloco, durante a execução da etapa.
O valor coletado foi relacionado com a metragem executada no dia, de tal forma a quantificar a geração de resíduo proveniente do subsistema em análise. Sendo assim, chegou-se a relação de 1,33 kg de resíduo de argamassa industrializada por m² de reboco executado.
Cada bloco possuía uma superfície externa de, aproximadamente, 1.012,6 m² (Tabela 4), sendo que 163,9 m² corresponde a aberturas (Tabela 5), totalizando 848,7 m² de área, por bloco, que recebe reboco.

Tabela 15. *Área das superfícies externas de cada bloco que recebem reboco*

Parte da edificação	Área (m²)
Frente	284,3
Fundos	284,3
Lateral I	166,7
Lateral II	166,7
Hall entrada	110,6
TOTAL	**1012,6**

Fonte: Elaborada pelas autoras (2016).

Tabela 16. *Área das aberturas externas de cada bloco*

Abertura (m)	Quantidade				Qtde total	Área unitária (m²)	Área (m²)
	Lateral I	Lateral II	Frente	Fundos			
Janela - 0,46 x 0,61	-	-	10	-	10	0,28	2,806
Janela - 1,01 x 0,91	-	-	-	4	4	0,92	3,6764
Janela - 1,21 x 1,21	5	5	10	10	30	1,46	43,923
Janela - 1,21 x 1,51	10	10	-	-	20	1,83	36,542
Janela - 1,96 x 1,90	-	-	10	10	20	3,72	74,48
Porta - 1,16 x 2,16	-	-	1	-	-	2,51	2,5056
					TOTAL		**163,9**

Fonte: Elaborada pelas autoras (2016).

Desta forma, em cada bloco foi gerado em torno de 1.129 kg de resíduo de argamassa industrializada oriundo do reboco. Em estudo realizado por Bernardes et. al (2008), foi observado geração de 4.486,7 kg de resíduos de argamassa em prédios do município de Passo Fundo/RS.
Já que o residencial multifamiliar analisado possui 12 blocos, estima-se que ao final da obra serão gerados em torno de 14 t de resíduos de reboco, ou seja, 8 m³ (ρ=1800kg/m³ - dado fornecido pelo fabricante).
Para estimativa do prejuízo financeiro, utilizou-se o valor praticado atualmente pela construtora na aquisição da argamassa que é de R$ 355/m³, podendo-se estimar um prejuízo de R$ 3 mil ao final da obra. É evidente que este tipo de subsistema está atrelado à geração de resíduos, já que o próprio sistema construtivo impulsiona esta situação devido a vários fatores, como, por exemplo, o fato do lançamento do material ser manual.

5. CONCLUSÃO

A grande quantidade gerada de resíduos e o seu descarte inadequado causam sérios impactos ambientais e econômicos. Todavia, em grande parte das obras não há apropriação dos verdadeiros volumes gerados, menosprezando a geração dos subsistemas, inclusive aqueles de maior impacto que exigem a busca por soluções rápidas e eficazes para redução e gestão adequada.
Na obra estudada observou-se que o resíduo gerado pela execução do reboco é significativo, porém não é considerado abundante pela construtora, podendo-se observar que o envolvimento dela na redução do mesmo ocorre, basicamente, por questões financeiras, sem considerar seu impacto ambiental.
Entretanto, há diversas formas de reduzir e reaproveitar os resíduos gerados, que onere pouco tempo e investimento. Sugere-se para a obra estudada a instalação de lona plástica presa a uma estrutura de madeira que facilite a coleta do material (sem que se misture com solo e outros rejeitos) e retirada por parte do ajudante, de tal maneira a permitir o reuso durante a execução do reboco. A eficácia do método poderia ser estimada através um teste simulando três situações adversas: baixo, médio e alto reaproveitamento do resíduo. Após ser quantificadas as perdas finais de cada situação,

se definiria o método mais eficaz e menos oneroso para ser implantado. O monitoramento da eficiência deste plano de reutilização se daria através de medida esporádica do volume gerado para verificar se está dentro do limite aceitável. Além disso, independente da forma proposta para reaproveitar o material, a prática de treinamentos periódicos é um recurso bastante eficaz, no qual se expõe a importância de reduzir a geração de resíduos e do reaproveitamento do material que, aparentemente, é rejeito.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013.** Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano=2013>. Acesso em: 18 ago. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de revestimentos de argamassa. 2012.** Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/ativos/279/manual-de-revestimentos-de-argamassa.html. Acesso em 19 ago. 2016.

BERNARDES, A.; THOMÉ, A.; PRIETTO, P. D. M.; ABREU, A. G. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Revista Ambiente Construído**, v. 8, n. 3, p. 65 – 76, 2008.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 18 ago. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional dos Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 307:** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307 >. Acesso em: 18 ago. 2016.

BRAND, S. **Procedimento de identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais – P01**. Disponível em: <http://www.unisinos.br/sga/parceiros> (Documento Interno). 2003.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000.** 113 f. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

431. ESTUDO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE CUIABÁ-MT

BARBOSA, Guilherme Antonio[1](guilhermeantoniorosa@gmail.com);
BASTOS, Camila[*1] *(camilaraia1@gmail); SILVA, Raquel[1](raquelalves.enc@gmail.com);*
BARRETO, Maria Fernanda[1](mfmennabarreto@gmail.com)
[1] Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Por terem grande significado técnico, econômico e social, as pontes e viadutos são construções especiais, denominadas obras de arte. Assim como qualquer outra construção que esteja exposta às intempéries e agentes agressivos, as pontes e viadutos também estão sujeitas ao surgimento de manifestações patológicas. Por isso, um programa de manutenção preventiva e corretiva é essencial para garantir seu desempenho satisfatório e é facilmente justificável. Entretanto, nem sempre esta é uma realidade. Sendo assim, este artigo propõe um estudo de caso em quatro obras de arte, situadas na cidade de Cuiabá - MT, para levantar e quantificar as principais manifestações patológicas encontradas, avaliando suas possíveis causas, assim como a influência da ocorrência desses fenômenos no correto desempenho e durabilidade das estruturas. Por fim, com o auxílio de um estudo teórico, propõem-se medidas adequadas para a manutenção em cada um dos casos, a fim de que se preserve o desempenho das estruturas estudadas.
Palavras-chave: Patologias; Pontes; Viadutos; Manutenção.

STUDY OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN REINFORCED CONCRETE BRIDGES AND VIADUCTS IN THE CITY OF CUIABÁ-MT

ABSTRACT
Due to their great economic, technical and social significance, bridges and viaducts are classified as special structures. As any other building, the bridges and viaducts are exposed to inclement weather and aggressive agents, being subject to pathological manifestations. Therefore, a preventive and corrective maintenance is easily justified and essential to ensure its satisfactory performance, although this is not always done correctly. Thus, this article proposes a case study in four special structures, located in the city of Cuiabá - MT, to raise and quantify the main pathological manifestations found, evaluating its possible causes, as well as the influence of the occurrence of these phenomena on the correct performance and durability of structures. Finally, with the aid of a theoretical study, suitable measures are proposed for maintenance in each case, in order to preserve the performance of the structures studied.
Keywords: Pathologies; Bridges; Viaducts; Maintenance.

1. INTRODUÇÃO

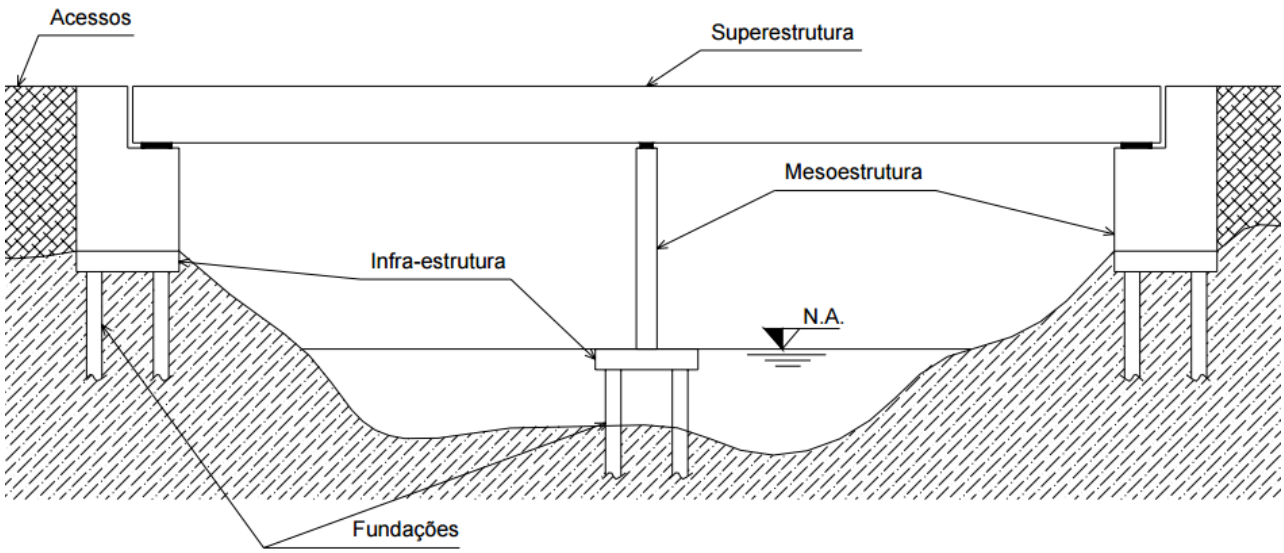
O conceito de desenvolvimento sustentável foi definido no Relatório Brundtland (1987) como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. O setor da construção civil tem fundamental importância nesse contexto, visto que o Ministério do Meio Ambiente estima que 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto de atividades humanas são provenientes desse segmento. Ademais,

de acordo com Vahan Agopyan, professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a construção civil é responsável pelo consumo de 40% a 75% da matéria-prima produzida no planeta. Por conseguinte, tornam-se importantes as medidas que visam aumentar a durabilidade das construções, de modo a reduzir os impactos ao meio ambiente. Uma das formas de se aumentar a vida útil de uma estrutra, é a manutenção preventiva e corretiva de manifestações patológicas.

As obras de arte especiais são de suma importância para os sistemas rodoviário e ferroviário, os quais são os principais meios de translado de pessoas e cargas no Brasil. Todavia, apesar de sua grande importância econômica e social, a falta de manutenção propicia o surgimento de manifestações patológicas, que reduzem a vida útil das construções e comprometem a segurança das milhares de pessoas que utilizam desses meios diariamente.

Nesse contexto, o presente artigo busca avaliar o estado de conservação de pontes e viadutos de concreto armado, no munícipio de Cuiabá-MT, por meio da classificação e identificação das manifestações patológicas encontradas nos acessos, superestrutura e mesoestrutura, conforme exposto na Figura 1.

Figura 28. **Elementos constituintes das pontes**



FONTE: Sartorti (2008), adaptado de Mason (1977).

2. OBJETIVO

Essa pesquisa objetiva verificar o estado de conservação de três pontes e um viaduto de pequeno a médio porte em vias do município de Cuiabá-MT, por meio de uma avaliação dos tipos e possíveis causas das manifestações patológicas encontradas, assim como a análise da eficácia das medidas de conservação e manutenção aplicadas em cada caso.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para a realização da pesquisa científica, foram escolhidas quatro obras de arte em Cuiabá – MT, selecionadas em razão de serem localizados em pontos estratégicos, de elevada circulação de pessoas e mercadorias e estarem: viaduto UFMT, Ponte sobre o Córrego do Moinho, Ponte sobre o rio Coxipó e Ponte Julio Müller, conforme detalhes expostos na Tabela 1.

Os métodos utilizados foram a inspeção visual, revisão bibliográfica, contagem de tráfego e documentação fotográfica das eventuais patologias encontradas. As contagens de tráfego foram realizadas em cinco dias úteis do mês de outubro no horário de pico – entre 12h e 14h – e com os valores obtidos calculou-se a média de trânsito em um período de uma hora. O estudo teve ênfase na superestrutura, verificando-se o estado das vigas, juntas de dilatação, guarda-corpos, guarda-rodas, passeio e acessos às pontes e viadutos, e na mesoestrutura, observando o alinhamento de vigas e pilares, exposição de armaduras e quaisquer deteriorações causadas por ações físicas, químicas e biológicas.

Tabela 17. **Dados sobre as obras em estudo**

OBRA DE ARTE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	EXTENSÃO (M)	ANO DE INAUGURAÇÃO
Viaduto UFMT	15°36'48.60"S 56° 4'27.43"O	428	2013
Ponte sobre o Córrego do Moinho	15°36'57.16"S 56° 2'42.13"W	44	2014
Ponte sobre o Rio Coxipó	15°37'30.05"S 56° 2'10.81"W	84	2014
Ponte Julio Müller	15°36'58.36"S 56° 6'19.34"O	327	1942

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Viaduto UFMT

O viaduto está localizado na Avenida Fernando Corrêa da Costa e foi projetado com o objetivo de preparar a cidade de Cuiabá para a Copa do Mundo de 2014, sendo a primeira das obras de implantação inaugurada pelo Governo do Estado de Mato Groso para o evento. A obra de arte é também uma das rotas do VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) e foi escolhida para esse estudo de caso por ter apresentado diversos problemas durante sua construção, incluindo desaprumo de pilares, e também após sua inauguração, como alagamentos significativos nas imediações durante as chuvas que provocam congestionamento no local.

Apesar das deficiências, a via suporta o tráfego intenso e contínuo de veículos. Para se estimar a quantidade de pessoas que a utiliza durante o horário de pico, fez-se a contagem de tráfego. Considerou-se para bicicletas, motos e caminhões um usuário por veículo e, para ônibus e micro-ônibus, 45 e 30, respectivamente. Obteve-se então a média de 5.312 transeuntes em uma hora.

Tabela 18. **Estimativa de tráfego em uma hora**

Contagem de Tráfego	Bicicletas	Motos	Carros	Caminhões	Ônibus	Micro-ônibus
Veículos	2	336	1656	27	29	11

Durante a inspeção, foram encontradas algumas manifestações patológicas que, se não forem adequadamente tratadas, poderão se agravar.

Na Figura 2, nota-se o acúmulo de água na parte superior do tabuleiro, advindo da drenagem inadequada, que causa a deterioração da superestrutura por meio da infiltração e consequente lixiviação do concreto armado, que causa a perda do cimento e consequente redução na resistência da estrutura (Figura 3).

Ademais, sob o viaduto há o canal do Córrego do Barbado que, além de estar obstruído por entulho e material orgânico, está sofrendo elevada corrosão no pilar central (Figura 4). Essa situação é desfavorável à segurança pois uma das fundações do viaduto está localizada acima do canal e, portanto, sua ruína poderia trazer danos a toda a estrutura. Ressalta-se ainda que essa já apresentou problemas de execução, os quais provocaram um desnível de 30 cm em um dos pilares, que foi reparado. No entanto, ainda pode-se observar uma movimentação estrutural, provavelmente ocasionada pelo desnível inicial (Figura 5).

Figura 29. Acúmulo de água sobre tabuleiro



Figura 30. Lixiviação



Figura 31. **Deterioração do canal sob o viaduto**



Figura 32. **Deslocamento entre vigas**



4.2. Ponte sobre o Córrego do Moinho

A ponte sobre o Córrego do Moinho passou por um processo de duplicação e restauração em 2014 e é uma das ligações entre os bairros da região do Coxipó com o centro de Cuiabá. É uma via de trânsito constante de veículos de passeio e de caminhões, por ser também um dos acessos ao setor industrial. Estimou-se, por meio da contagem de tráfego, a média de veículos que cruzam durante

uma hora no horário de almoço (Tabela 3). Seguindo o mesmo procedimento de contagem anterior, obteve-se a média de 4692 transeuntes em uma hora.

Tabela 3. **Estimativa de Trafego por hora**

Contagem de Tráfego	Bicicletas	Motos	Carros	Caminhões	Ônibus	Micro-ônibus
Veículos por hora	4	432	1616	184	16	4

Segundo padrões estabelecidos pelo DNER (1996) os guarda-corpos de concreto, metálicos ou mistos devem ter alturas variando entre 0,90 e 1 metro. Os passeios laterais também devem obedecer ao mínimo de 1,5 metros para oferecer conforto e segurança para os pedestres. No entanto, durante o estudo de caso, observou-se que estes padrões não foram atendidos, tendo os guarda-corpos e passeios apenas 70 centímetros.
Ademais, foram encontradas avarias nos guarda-corpos da ponte, causadas por acidentes de trânsito e agravadas pela falta de manutenção, além da ausência do mesmo em alguns trechos (Figura 33). Foi possível encontrar o emprego de correção não convencional e inadequada,com vigas de madeira, a fim de minimizar o risco da ausência do guarda-corpo (Figura 34)

Figura 33. **Guarda corpo avariado**



Figura 34. **Guarda corpo não-usual**



Figura 35. **Passeio danificado**



Figura 36. **Fissura no acesso de pedestres à ponte**



Foram verificados também problemas relacionados ao estado do passeio (Figura 8), que apresenta falhas de até 30 centímetros de largura que oferecem risco aos transeuntes. Além disso, há a ocorrência de uma fissura no acesso à ponte, através da qual foi possível observar o elevado estado de erosão da camada de base do solo. (Figura 36).

4.3 Ponte sobre o Rio Coxipó

A ponte sobre o Rio Coxipó passou por processo de duplicação e alargamento em 2014, com o intuito de desafogar o fluxo de tráfego da Avenida Fernando Corrêa.
Na Tabela 4 é mostrada a estimativa média de tráfego sobre a via durante uma hora no horário de pico, podendo-se observar a grande quantidade de caminhões e veículos de grande porte que transitam sobre a ponte. A quantidade estimada de transeuntes que se utilizam da via nesse intervalo é de 2.706.

Tabela 4. **Estimativa média de tráfego**

Contagem de Tráfego	Bicicletas	Motos	Carros	Caminhões	Ônibus	Micro-ônibus
Veículos por hora	0	211	935	205	6	5

Destaca-se que, analogamente ao estudo de caso anterior, a ponte apresentou dimensões inadequadas no guarda-corpo e passeio, tendo ambos apenas 70 centímetros. Devido ao alto tráfego de veículos pesados e, consequentemente, elevada vibração, isso infere um grave risco à segurança dos pedestres que utilizam essa via, devido ao pouco espaço disponível para trânsito.
A ponte apresentou menos patologias em relação à que se encontra sobre o córrego do Moinho, porém, ainda assim, pode-se destacar avarias sérias no guarda corpo (Figura 37) e também se observou rachaduras sobre as juntas de dilatação (Figura 38), que contribuem para a infiltração de água e suas consequências danosas.

Figura 37. **Avarias no guarda-corpo**



Figura 38. **Rachadura sobre junta de dilatação**



4.4. Ponte Julio Müller

A ponte Júlio Müller é uma das principais vias de comunicação entre as cidades de Cuiabá (capital do MT) e Várzea Grande (segunda maior cidade do estado). Sua construção foi essencial para o crescimento e desenvolvimento da região. Foi a primeira ponte de concreto armado sobre o rio Cuiabá, inaugurada em 1942, e teve sua duplicação em 1985 (SARAT, 2009).
Por meio da contagem de tráfego realizada, estimou-se que 6.336 pessoas se utilizam da ponte no período de uma hora.

Tabela 5. **Estimativa média de tráfego**

Contagem de Tráfego	Bicicletas	Motos	Carros	Caminhões	Ônibus	Micro-ônibus
Veículos por hora	36	840	1620	60	48	0

A obra se apresenta em elevado estado de degradação, evidenciando a falta de manutenção da obra pública que possui notoriedade, visto que se situa na parte portuária da capital, recebendo assim pesadas cargas de carretas e caminhões.
No início do tabuleiro notam-se problemas de acessibilidade e riscos imediatos de segurança devido à ausência de guarda-corpo por aproximadamente 3 metros do passeio (Figura 12). Isso se deve a colisões de veículos em alta velocidade no local, que quebraram e desabaram o guarda corpo.
Notou-se ainda a ausência da adequação às normas atuais, por se tratar de uma obra antiga. A largura da calçada, que mede 80 cm, não está de acordo com o vigente pelo Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais do DNER (1996) que atribui que a largura mínima recomendável para o passeio de pedestres é de 1,50 metros (Figura 13).

Figura 39. **Parte do passeio sem guarda-corpo**



Figura 40. **Passeio não adequado à norma**



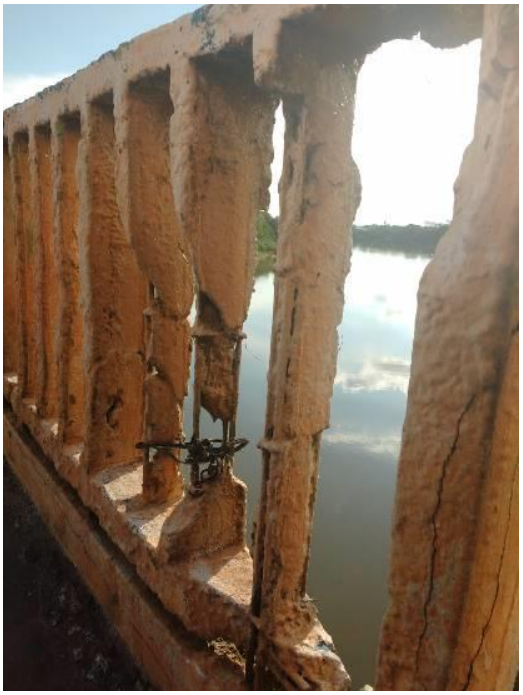
Ainda, verificou-se que o cobrimento da armadura no passeio foi insuficiente, causando, juntamente com a corrosão do concreto, a exposição do aço (Figura 14).
Observou-se também que o guarda-corpo está comprometido ao longo de todo o passeio, visto que está ocorrendo um processo de fissuração e desplacamento do concreto e consequente exposição das armaduras, que estão sofrendo corrosão e, portanto, comprometendo a segurança dos usuários (Figura 15).

Figura 41. **Exposição das armaduras no passeio**



Figura 15. **Guarda corpo com a armação sem proteção**





Na pista de rolamento, as juntas de dilatação foram cobertas durante o recapeamento da pista, obstruindo o espaço necessário para a expansão do pavimento em decorrência da dilatação térmica. Com isso, houve o aparecimento de trincas transversais no pavimento (Figura 16), possibilitando a drenagem das águas pluviais para o interior da estrutura, podendo causar infiltrações que provocam deterioração e envelhecimento da obra, diminuindo sua vida útil.

Figura 16. **Trinca ocasionada pela recapeamento da junta de dilatação**



4.5. Resultados gerais

De modo geral, as principais patologias encontradas foram decorrentes da falta de manutenção, o que as caracteriza como intrínsecas (SARTORTI, 2008 apud SOUZA; RIPPER, 1998).
Apresentam-se, então, as seguintes sugestões de solução para o tratamento das patologias:

Tabela 19. **Causas e soluções das patologias**

OBRA	PATOLOGIAS ENCONTRADAS	POSSÍVEIS CAUSAS	SOLUÇÃO SUGERIDA
Viaduto UFMT	Lixiviação	Acúmulo de água sobre o tabuleiro	Adequação do sistema de drenagem
	Infiltração		
	Corrosão do pilar do Canal	Ambiente Agressivo e obstrução do canal	Limpeza, recuperação e proteção contra erosão
	Movimentação estrutural	Desnível da estrutura	Verificação de Segurança
Ponte sobre o Córrego do Moinho	Avaria nos guarda-corpos	*Choques de veículos e falta de manutenção	[1]Manutenção, substituição e sinalização de trânsito
	Falha nos passeios	Falha humana de execução e choques mecânicos	
	Fissura no acesso à ponte	Erosão pluvial	Vegetação e aumento da qualidade do asfalto
Ponte sobre o Rio Coxipó	Fissura na faixa de rolamento	**Recapeamento da junta de dilatação	[2]Remoção do asfato e manutenção da junta
	Avaria nos guarda-corpos	*	1
Ponte Julio Müller	Corrosão do Concreto	Falta de Manutenção; ambiente agressivo	Manutenção e proteção contra corrosão
	Armaduras Expostas		
	Avaria nos guarda-corpos	*	1
	Fissura na faixa de rolamento	**	2

De modo geral, observa-se a necessidade de um programa de manutenção voltado a esse tipo de estrutura.

5. CONCLUSÃO

Através do artigo pode-se observar o estado de deterioração patológica em que se encontram as obras de arte especiais abordadas. Essas manifestações patológicas poderiam ser remediadas e até mesmo evitadas com a existência de programas de inspeção periódica, manutenção preventiva e corretiva. Nota-se também que muitos problemas são causados por má utilização e negligência por parte dos próprios usuários, sendo necessária a conscientização à respeito dos limites de velocidade e carga das obras, além de cumprimento das leis de trânsito vigentes. Desta forma, conclui-se que as patologias apresentadas ainda não condenam o uso das obras, mas indicam a necessidade de um acompanhamento mais rigoroso do estado de deterioração destas, de modo a aumentar sua durabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, A. A. Estudo das patologias em obras de arte especiais do tipo pontes e viadutos estruturados em concreto. Anápolis, 2011. Dissertação (Graduação) – UEG.

DNER. Manual de Projetos de Obras-de-Arte Especiais. Rio de Janeiro, 1996.

DNIT 122 – ES. Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto armado - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2009.

PINHO, F. O.; BELLEI, I. H. Pontes e viadutos em vigas mistas. Rio de janeiro: IBS/CBCA, 2007.

SARAT, T. R. Várzea Grande no processo de reocupação das terras amazônicas - 1970/1990. In: ANPUH – XXV SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 2009, Fortaleza, 2009. Anais eletrônicos... Fortaleza, 2009. Disponível em: < http://anais.anpuh.org/wp-content/uploads/mp/pdf/ANPUH.S25.1009.pdf >. Acesso em: 06 nov. 2016. Fortaleza, 2009, p. 3-3

SARTORTI, A. L. Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais o município de Campinas – SP. Campinas, 2008. Dissertação (Mestrado) – UEC.

SOARES, O. S. et al. Estudo de Caso de Patologia e Proposta de Recuperação da Ponte do São Raimundo, em Governador Valadares – MG. In: V Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, 2003, São Paulo, 2003. Anais eletrônicos... São Paulo, 2003. Disponível em: < http://www.engipapers.com.br/artigos/00533RERE2003.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2016 São Paulo, 2003.

TEJEDOR, C. M. Patologias, recuperação e reforço com protensão externa em estruturas de pontes. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação (Graduação) – UFRJ.

445. ANÁLISE DO POTENCIAL DO VIDRO VULCÂNICO NO DESENVOLVIMENTO DE CIMENTOS ÁLCALI-ATIVADOS

KOPPE, Angélica[1](angelicakoppe@gmail.com); STAUDT, Luís Claudio[1] (luisstaudt@hotmail.com); GUINDANI, Eduardo Nobre[2] (eduardo.guindani@gmail.com); SANDER, Andrea[1] (andrea.sander@cprm.gov.br); MANCIO, Mauricio[1] (mancio@gmail.com)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
[2]Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Os cimentos álcali-ativados vêm sendo estudados como alternativa sustentável ao tradicional cimento Portland, que, em escala global, é responsável por 7% das emissões de dióxido de carbono (CO_2). A álcali-ativação, processo baseado na dissolução e posterior rearranjo da sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3) de materiais amorfos em meio altamente alcalino, têm apresentado resultados promissores utilizando-se materiais pozolânicos como matéria-prima. Neste contexto, diversos estudos com pozolanas artificiais, normalmente adquiridos por meio de processos industriais – cinzas volantes, argilas calcinadas, escórias de alto-forno – têm apresentado desempenho superior ao cimento Portland, tanto em resistência mecânica quanto em durabilidade. Recentemente, estudos precursores realizados em pastas álcali-ativadas utilizando-se filler de rochas basálticas ácidas de matriz vítrea como matéria-prima apresentaram resistência à compressão na ordem de 16 MPa em estado natural, e 25MPa após vitrificação em laboratório. Estudos posteriores, utilizando como matéria-prima vidros vulcânicos da região nordeste do Rio Grande do Sul (Formação Serra-Geral), considerados resíduos pelas empresas mineradoras devido ao alto potencial para reação álcali-agregado, apresentaram desempenho mecânico superior, com resistências à compressão em torno de 40 MPa logo aos 7 dias. Além do estado naturalmente amorfo, a composição química também favorece à álcali-ativação, apresentando percentuais de SiO_2 e Al_2O_3 de 65,83% e 12,85% respectivamente. Neste trabalho são apresentados estudos precursores que comprovam o potencial de utilização de vidros vulcânicos, como matéria-prima para a produção de cimentos álcali-ativados de baixo impacto ambiental.
Palavras-chave: Álcali-ativação; rochas basálticas; Vidro vulcânico.

ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF VULCANIC GLASS NO DEVELOPMENT OF ALKALI-ACTIVATED CEMENTS

ABSTRACT
Alkali-activated cements have been studied as a sustainable alternative to the traditional Portland cement, which on a global scale accounts for 7% of the carbon dioxide (CO_2) emissions emitted into the atmosphere, one of the main environmental impacts generated by accelerated growth Construction. Alkali-activation, a process based on the dissolution and subsequent rearrangement of silica (SiO_2) and alumina (Al_2O_3) from amorphous materials in highly alkaline media, have shown promising results using pozzolanic materials as raw material. In this context, several studies with artificial pozzolans, usually acquired through industrial processes - fly ash, calcined clays, blast furnace slag - have performed better than Portland cement, both in mechanical strength and in durability. Recently, precursor studies on alkali-activated pulps using acid-base basaltic rocks as a

raw material, presented compressive strength in the order of 16 MPa in the natural state, and 25 MPa after vitrification in the laboratory. Subsequent studies, using as raw material volcanic glasses from the northeast region of Rio Grande do Sul (Serra-Geral Formation), considered by the mining companies due to the high potential for alkali-aggregate reaction, presented superior mechanical performance, with compressive strengths in Around 40 MPa at 7 days. In addition to the naturally amorphous state, the chemical composition also favors the alkali-activation, presenting percentages of SiO_2 and Al_2O_3 of 65.83% and 12.85%, respectively. This work presents precursor studies that evaluate the potential of volcanic glass as a raw material for the production of alkali-activated cements with low environmental impact.
Keywords: Alkali-activation; Basaltic rocks; Volcanic glass.

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais causados pela construção civil tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias e processos que buscam a sustentabilidade das construções. Tal fato é impulsionado pelo cenário ecológico atual, não condizente com o cenário econômico, afirmando a necessidade de adaptação e melhoria do modo como se extrai e utiliza a matéria da natureza. Para Guerra et al. (2008), o desafio vivido na era atual pelo setor da construção civil está relacionado a buscar soluções que direcionem a um desenvolvimento sustentável, com menor impacto ambiental.

Como maior e mais impactante cenário neste setor, que apresenta necessidade imediata de melhorias encontra-se a produção de cimento Portland. Trata-se de um aglomerante mundialmente utilizado para a produção de matrizes cimentícias, com produção mundial de aproximadamente 72 milhões de toneladas/ano (USGS, 2016). Este aglomerante cimentício apresenta desvantagem quanto ao impacto ambiental gerado pela liberação de dióxido de carbono (CO_2) e elevado consumo energético no processo de produção, gerando aproximadamente 48 milhões de toneladas/ano de CO_2 (LIMA, 2010). Com isso, a indústria cimenteira torna-se responsável por 5% a 7% do total de emissões globais de CO_2 (MEHTA E MONTEIRO, 2014; CELIK et al., 2014). Além disso, como consequência do aumento populacional, da melhoria das condições de vida, da elevação dos níveis de consumo e da crescente industrialização dos países em desenvolvimento, estima-se que a produção de cimento apresentará expressivo crescimento ao longo das próximas décadas.

O uso de pozolanas em substituição parcial ao cimento Portland, com taxas de substituição de até 50%, já faz parte de um programa mundial adotado pela indústria cimenteira com o intuito de se reduzir as emissões de gases associados ao efeito estufa (SNIC, 2012). Entretanto esta prática não é suficiente, segundo o International Panel on Climate Change (IPCC) da ONU. Para que se consiga estabilizar o clima do planeta são necessários cortes anuais de aproximadamente 5 a 7 bilhões de toneladas de CO_2. Estes cortes podem ser alcançados com a substituição de 50% do consumo atual de cimento Portland por cimentos especiais que não emitam CO_2 (GIGATON THROWDOWN INITIATIVE, 2011).

Frente a este diagnóstico, a busca por novos aglomerantes com reduzido impacto ambiental tem recebido cada vez mais atenção. Como alternativa promissora encontram-se os cimentos álcali-ativados, também conhecidos como geopolímeros, que utilizam como matéria prima resíduos industriais e não emitem CO_2 no seu processo de produção. A técnica da álcali-ativação se baseia na química da ativação alcalina, por hidrólise das partículas, de materiais amorfos, muito finos, com quantidades elevadas de SiO_2 e Al_2O_3 na sua composição (DUXSON et al. 2007; FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ e PALOMO, 2003). Seus arranjos, que garantem as elevadas resistências mecânicas deste tipo de cimento, são formados a partir da dissociação dos aluminossilicatos em solução, com o qual se tem a formação da fase gel com arranjos de redes tridimensionais que se reorganizam

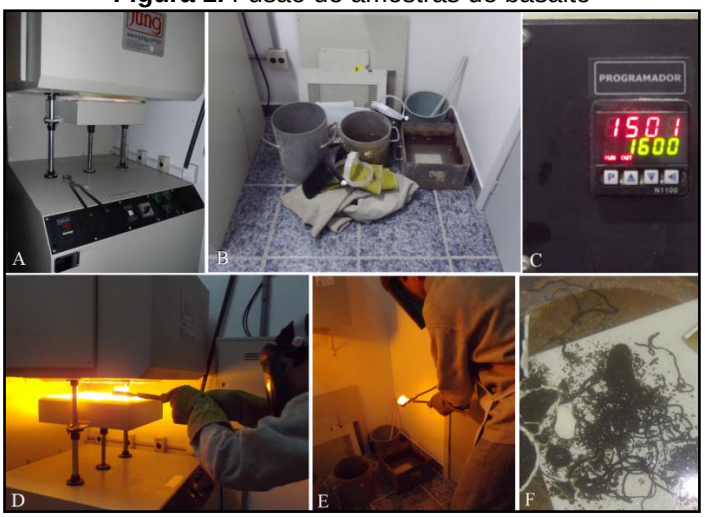
em poucos minutos. Durante a reorganização tem-se o aumento da conectividade entre as redes até a formação de núcleos, dando origem a formações pouco ordenadas e de elevadas resistências mecânicas (DUXSON et al. 2007).

Palomo, Grutzeck e Blanco (1999) caracterizam a técnica da álcali-ativação como o processo químico onde é possível se transformar estruturas vítreas (amorfas ou parcialmente amorfas) em compósitos compactos e cimentantes. No contexto, estudos realizados com diversas pozolanas artificiais, normalmente adquiridas por meio de processos industriais – cinzas volantes, argilas calcinadas, escórias de alto-forno – têm apresentado desempenho superior ao cimento Portland, quanto à resistência mecânica, sendo as mais estudadas, a cinza volante e as escórias de alto-forno, por apresentarem grande potencial pozolanico e obtidas de fonte residual. Estes materiais são também amplamente utilizados como adições ao próprio cimento Portland, e, apresentando uma produção mundial estimada em 0,8 bilhões de toneladas/ano, ficando muito aquém das necessidades do setor da construção civil relacionadas ao consumo anual de cimento Portland e a necessidade de redução de CO_2 (MANCIO e MASUERO, 2012). Neste mesmo segmento, apresentando potencial pozolânico, as rochas basálticas são encontradas em grande quantidade na crosta terrestre e apresentam percentuais elevados de SiO_2 (50% a 70%) e Al_2O_3 (10% a 20%), contendo ainda ferro, material vítreo e outros elementos em menores quantidades (SCHIAVON, REDONDO, YOSHIDA, 2007). Derrames basálticos mais jovens geralmente apresentam resfriamento mais rápido do magma extravasado na superfície, garantindo ao material um maior percentual de material vítreo (amorfo) em sua composição, o que favorece a reatividade com álcalis (WERNICK, 2012).

No contexto, estudos recentes de álcali-ativação de resíduos de britagem de rochas basálticas ácidas apresentam potencial de utilização como matéria-prima para o processo de álcali-ativação (KOPPE, GUINDANI, MANCIO, 2015). Koppe (2013) e Guindani (2015) analisaram cinco rochas basálticas localizadas em pontos distintos do estado do Rio Grande do Sul, da Formação Caxias e Gramado, analisando as diferenças nas características químicas e mineralógicas a fim de se alcançar melhores resultados para a álcali-ativação quanto à resistência mecânica em pastas. Utilizando rochas basálticas em estado natural, com percentuais mais elevados de SiO_2 e Al_2O_3 na sua composição, e as ativando com solução de NaOH, com concentração de 10 M, alcançaram resistências mecânicas na ordem de 10 MPa (KOPPE, GUINDANI, MANCIO, 2015). Entretanto, melhores resultados não foram alcançados uma vez que a estrutura das rochas não se apresentava completamente amorfa, contendo picos de materiais cristalinos, não reativos no processo da álcali-ativação, ou com percentuais de Sílica/Alumina (Si/Al) inadequados (KOPPE, 2013; GUINDANI, 2015).

Melhorias foram realizadas, como a vitrificação em laboratório e também, a correção da relação Si/Al com adição de resíduo de anodização de alumínio, composto de 90% de alumina. Ao realizar a correção de percentuais de Si/Al, Guindani (2015) alcançou resistências na ordem de 16 MPa para rochas com teores mais elevados de SiO_2. E, após beneficiamento em laboratório (Figura 1), onde o material foi aquecido até ultrapassar o ponto de fusão (temperaturas de aproximadamente 1500 °C), seguido de resfriamento brusco, alcançaram resistências até cinco vezes superiores às adquiridas em estado natural, devido ao total amorfismo da matéria-prima resultante (KOPPE, 2013, GUINDANI, 2015). Os resultados obtidos até então, apontavam as condições de amorfismo da matriz e os elevados teores de sílica da rocha como as características mais importantes e favoráveis à obtenção de resistências satisfatórias, assim como, a ocorrência de devitrificação da matriz da rocha e também altos níveis de cristalização como características de contribuição negativa ao desempenho mecânico.

Figura 1. Fusão de amostras de basalto



A) Forno empregado na queima; B) Recipientes utilizados no resfriamento brusco e EPI's; C) Termostato minutos antes do forno ser aberto; D) Retirada das amostras da mufla; E) Resfriamento brusco; E) Material vitrificado gerado.

Encontrados na natureza, com características semelhantes ao beneficiamento em laboratório, os vidros vulcânicos e obsidianas são também conhecidos como pozolanas naturais. Para Mehta e Monteiro (2014) os vidros vulcânicos são apresentados como estruturas amorfas de aluminossilicatos, quimicamente instáveis, principalmente em soluções alcalinas. Geologicamente, apresentam-se na forma de rochas compactas, maciças a vesiculares que ocorrem em blocos (MONTANHEIRO, NEGRI, YAMAMOTO, 2011). Segundo os autores, em termos petrográficos apresentam matriz vítrea superior a 70% e presença de fenocristais tabulares de plagioclásio subcentimétricos, microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio na ordem de 30%. Apresentam-se distribuídos em diversas formações da Bacia do Paraná, que se estende por toda região sul e parte do sudeste do Brasil, sendo a sua ocorrência dependente do rápido resfriamento do magma extravasado durante as erupções vulcânicas ocorridas na região (WERNICK, 2012, MONTANHEIRO, NEGRI, YAMAMOTO, 2011).
Recentemente, a exploração de jazidas de rochas basálticas, para a produção de agregados, em Formações mais superiores da Bacia do Paraná tem apresentado afloramentos de vidros vulcânicos. Considerados como inadequados para o uso como agregados na construção civil, por serem responsáveis pela reação álcali-agregado (em função da sua estrutura química), são considerados rejeitos pelas mineradoras. Contudo, apresentam características químicas e mineralógicas favoráveis ao processo da álcali-ativação.

2. OBJETIVO

O presente estudo visa avaliar as características químicas e mineralógicas de vidros vulcânicos da Formação Várzea do Cedro, buscando a viabilização do seu uso como matéria-prima para produção de cimentos álcali-ativados.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Foram coletadas amostras de rochas basálticas provenientes da Formação Várzea do Cedro, na cidade de Caxias do Sul/RS. O material foi caracterizado química e mineralogicamente em processo semelhante ao apresentado por Koppe (2013) e Guindani (2015), sendo a composição química determinada através do ensaio quantitativo de análise química e fluorescência de Raios X (FRX), complementado por difração de Raios X (DRX), onde puderam ser avaliados os picos cristalinos e as condições de amorfismo do material. Para ambos os ensaios, foram utilizadas amostras da rocha após procedimento de trituração, moagem e peneiramento, resultando em material 100% passante na peneira de 44 μm. Já a caracterização mineralógica, foi realizada através da análise de petrografia, que demandou lâminas delgadas, produzidas a partir de amostras de fragmentos de rocha, que passaram pelo processo de corte e de desbaste em uma serra diamantada, até uma espessura de 0,03 mm.
Além da caracterização química e mineralógica, o material foi analisado quanto ao comportamento mecânico por meio de pastas de cimento álcali-ativado, produzidas com o material em estado natural, passante na peneira de 44 μm. O material foi ativado com uma solução de NaOH e Na_2O_3Si, na concentração de 10 M, com variações na relação sílica/óxido de sódio (módulo de sílica SiO_2/Na_2O), ajustado em 0; 0,5; 1 e 1,5.
A produção das pastas álcali-ativadas foram adaptada de Longhi et al. (2016), utilizando-se ativador à uma temperatura de 80ºC, com mistura manual por um minuto. Os corpos de prova foram moldados (Figura 2) em formas cúbicas com dimensão de 1,5 cm^3, vibrados durante 60 segundos em uma plataforma vibratória com amplitude de 2 mm. Após moldados passaram por um processo de cura térmica nas primeiras 24h em estufa a uma temperatura de 80ºC e, posteriormente mantidas à 20ºC até o momento da ruptura.

Figura 2. Produção das pastas



A) material pulverulento seco; B) mistura com o ativador em diferentes módulos de sílica; C) moldagem da pasta.

Os corpos de prova, após desmoldados, foram nivelados com auxílio de uma lixa n° 100, com o intuito de que ficassem com as faces paralelas e niveladas para o ensaio de resistência à compressão axial, realizado em idades de 7, 14 e 28 dias. O ensaio de rompimento foi realizado em uma prensa EMIC DL 2000, com capacidade de carga de 2000 kgf e erro inferior a 0,5%. A aplicação de carga foi realizada com uma velocidade de deslocamento da prensa igual a 0,5 mm/min.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Química

A análise química qualitativa realizada através do ensaio de fluorescência de Raios X indicou a presença majoritária de silício (>50%) e em menor quantidade (5% < x < 50%) elementos de alumínio, ferro e cálcio. A análise quantitativa (Tabela 1), para a determinação dos compostos químicos, foi realizada por análise química, confirmando o percentual majoritário de SiO_2, em 65,83% e, em menor quantidade, o Al_2O_3 com 12,85% e ferro com 5,96%. Observa-se que os elementos essenciais para a reatividade da álcali-ativação estão presentes em maior quantidade, SiO_2 e Al_2O_3, com relação Si/Al igual a 5,12, demonstrando o potencial do material.

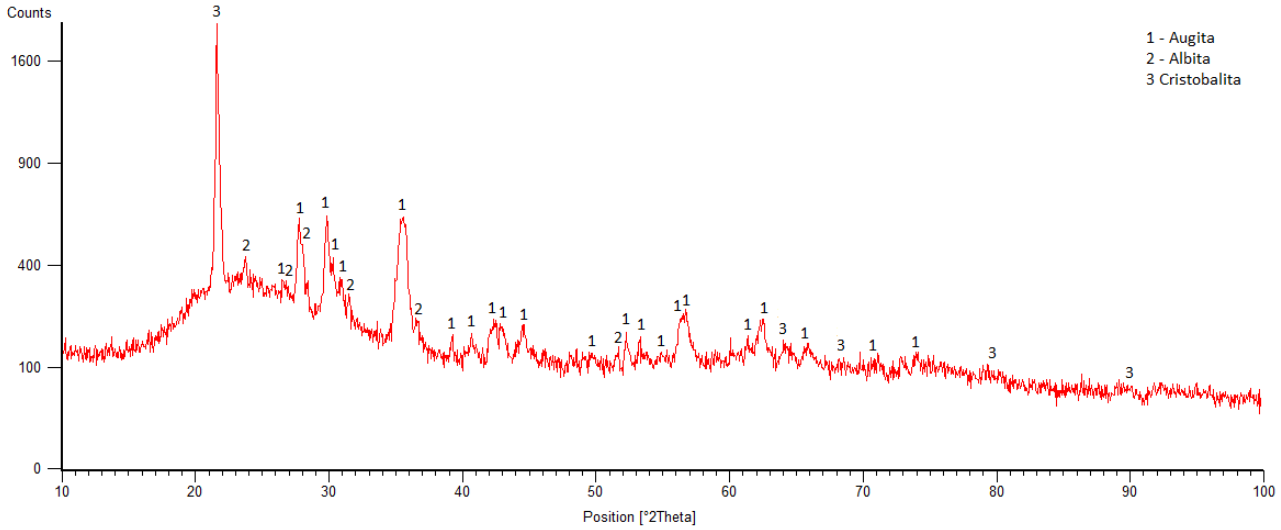
Tabela 1 – Análise química quantitativa

Elementos (%)	Vidro Vulcânico
SiO_2	65,83
Al_2O_3	12,85
Fe_2O_3	5,96
CaO	3,35
MgO	1,29
K_2O	2,07
Na_2O	3,95
TiO_2	0,95
MnO	0,10
P_2O_5	0,26
P.F.	3,29
Soma	99,88

Ao analisar o difratograma obtido no ensaio de difração de Raios X (Figura 3), é possível observar o halo amorfo do material pelo desvio na linha base, indicando que o material sofreu poucas transformações ao longo do tempo, preservando o elevado grau de amorfismo, característicos dos vidros vulcânicos/obsidianas. Além disso, com a análise também foram identificados picos de materiais cristalinos característicos de rochas magmáticas.

A análise apresentada, com materiais cristalinos e características e percentuais de elementos majoritários são similares aos descritos por Montanheiro, Negri, Yamamoto (2011) como vidros vulcânicos, caracterizando a rocha em vidro vulcânico.

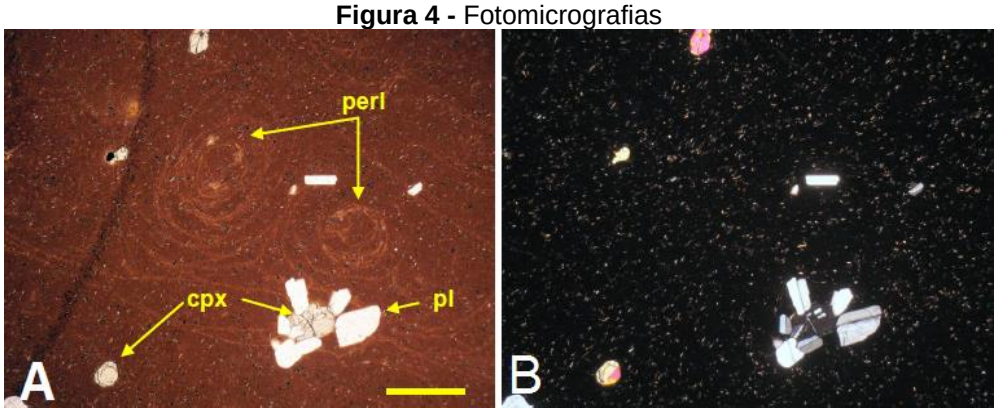
Figura 3. Difratograma da amostra de Vidro Vulcânico



4.2 Análise Mineralógica

Por meio da análise petrográfica foi possível identificar como mega-componentes característicos, grãos de plagioclásio (pl), e clinopiroxênios (cpx), possivelmente andesina e augita respectivamente, com dimensões inferiores a 0,5 mm, podendo ser observado na Figura 4a. Os elementos estão envoltos em matriz microcristalina a afanítica. As fotomicrografias apresentam o aspecto textural geral da rocha, com a textura microporfirítica, com microfenocristais de plagioclásio (pl) e de clinopiroxênio (cpx), imersos em matriz vítrea com fraturas perlíticas (perl) e diminutos cristálitos. Observa-se também que a matriz corresponde a aproximadamente 80% de sílica amorfa, com coloração preta e brilho vítreo e baixa incidência de devitrificação (Figura 4b).

Figura 4 - Fotomicrografias



A) fotomicrografia em nicóis paralelos; B) fotomicrografia em nicóis cruzados. Aumento de 25X, com escala gráfica de 1,0 mm.

Apresentam classificação ígnea vulcânica, como rocha basáltica segundo Streckeisen (1976). A grande quantidade de material vítreo amorfo da amostra pode ser identificada na Figura 4b como sendo a seção de coloração mais escura predominante.

4.3 Resistência à compressão das pastas

Foram ensaiados 36 corpos de prova, sendo três para cada idade. Com a análise dos resultados é possível observar que o material em estado natural apresenta potencial de ativação superior às rochas estudadas por Koppe, Guindani e Mancio (2015), conforme observado na Tabela 2. Enquanto os autores alcançaram resistências na ordem de 10 MPa na idade de 28 dias, sem correção de módulo de sílica, com a rocha em estudo alcançou-se resistências na ordem de 34,5 MPa (Figura 5), também sem correção do módulo de sílica, na mesma idade.

Figura 5 – Resultados de resistência à compressão média.

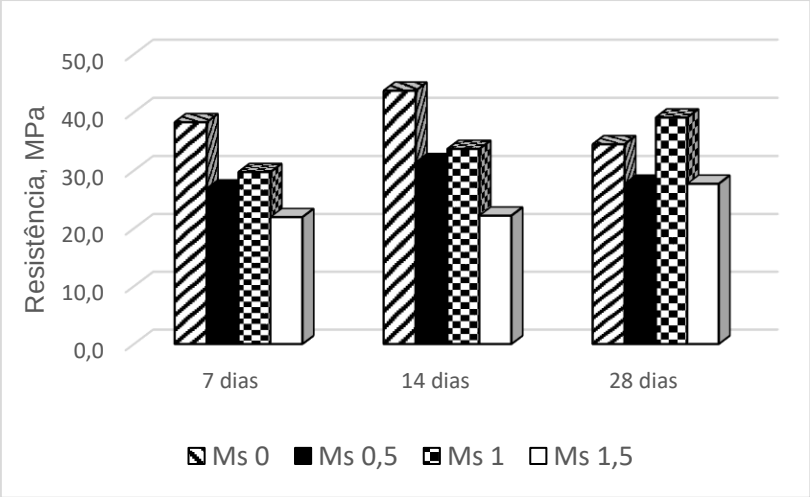


Tabela 2 – Evolução das resistências mecânicas obtidas em diferentes estudos.

Estudos	Origem e características da rocha	Resistência Potencial aos 28 dias (MPa)
Guindani (2015)	- Basalto da Formação Caxias (Farroupilha – RS) - Amostra em estado natural - Relação sílica/alumina igual a 3,8 corrigida com lodo de anodização de alumínio - Ativador NaOH concentração de 10M	16,04
Koppe (2013)	- Basalto da Formação Gramado (Campo Bom – RS) - Amostra beneficiada à 1500º C, - Ativador composto por NaOH concentração de 10M	24,71
Presente estudo	- Vidro Vulcânico da Formação Várzea do Cedro (Caxias do Sul – RS) - Amostra em estado natural - Ativador composto por SiO2/Na2O seguindo a relação igual a 1 com concentração de 10M	39,1

A pasta moldada com ativador Ms 0, constituído apenas por hidróxido de sódio, obteve uma resistência inicial superior aos demais ativadores, o que se manteve até a idade de 14 dias, onde alcançou uma resistência mecânica de 43,7 MPa. Entretanto, na idade de 28 dias é observada uma queda na resistência à compressão, assim como também observado com o ativador Ms 0,5. O fenômeno está relacionado ao excesso de concentração da solução (NaOH) na pasta, dando origem a formação de eflorescência na superfície dos corpos de prova, reduzindo a resistência à

compressão. Mesmo comportamento foi observado nos estudos realizados por Koppe (2013) e Guindani (2015).
Na pasta moldada com Ms 1, observou-se um crescimento constante de resistência à compressão, alcançado na idade de 28 dias, resistência média de 39,1 MPa. Os menores resultados foram obtidos com Ms 1,5, que não apresentaram crescimento significativo até a idade de 14 dias, aumentando 25% até a idade de 28 dias.

5. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos é possível afirmar que as características químicas e mineralógicas do vidro vulcânico são favoráveis ao processo de álcali-ativação. Com a presença de elevado teor de material vítreo amorfo na estrutura da rocha, somado aos teores adequados de SiO_2 e Al_2O_3, foi possível obter resistências mecânicas de aproximadamente 39 MPa na idade de 28 dias. Entretanto, melhores resultados não foram alcançados devido à dosagem inadequada do ativador utilizado, levando ao aparecimento de eflorescência em idades mais avançadas. Resistências na ordem de 43 MPa foram alcançadas com Ms 0 na idade de 14 dias, com potencial de serem superiores na idade de 28 dias caso não houvesse o aparecimento da eflorescência. De modo geral, os resultados alcançados com o estudo são duas vezes superiores aos obtidos anteriormente com rochas basálticas em estado natural e equivale-se a estudos realizados com cinzas volantes e escórias álcali-ativadas.
Rochas com características vítreas e amorfas são inadequadas para a utilização como agregados na construção civil por serem responsáveis pelo desenvolvimento de reação álcali-agregado, desta forma são consideradas rejeitos pelas empresas mineradoras, descartadas em aterros, elevando os níveis dos mesmos e consequentemente todos os impactos ambientais associados. Desta forma, o desenvolvimento de um material cimentício a partir desse tipo de rocha, que possa ser utilizado como alternativa ao cimento Portland, contribui para a redução nos níveis de emissão de CO_2, redução dos volumes de despejos de mineradoras em aterros, além de utilizar matéria-prima que pode ser encontrada em diversos afloramentos basálticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CELIK, K.; MERAL, C.; MANCIO, M.; MEHTA, P.K.; MONTANHEIRO, P.J.M. A comparative study of self-consolidating concretes incorporating high-volume natural pozzolan or high-volume fly ash. Construction and Building Materials, v.67, p.14-19, 2014.

DUXSON, P.; FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A.; PROVIS, J. L.; LUKEY, G. C.; PALOMO, A.; VAN DEVENTES, J. S. J. Geopolymer technology: the current state of the art. J. Mater. Sci 42, p 2917-2933, 2007.

FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A., PALOMO, A. Characterisation of fly ashes. Potential reactivity as alkaline cements. Fuel 82, p. 2259-2265, 2003.

GIGATON THROWDOWN INITIATIVE. Redefining What's Possible for Green Energy by 2020, 2011. Disponível em: http://www.gigatonthrowdown.org. Acesso em: 20 dezembro 2016.

GUERRA, J. S.; GUSMÃO, A. D.; SUKAR, S. F.; SIQUEIRA, M. S.; Avaliação da Gestão de Resíduos de Construção de Edifícios na Cidade do Recife. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC. Fortaleza, 2008.

GUINDANI. E. N. – "Estudo de beneficiamento de resíduos de britagem de rochas basálticas para utilização como aglomerante na construção civil". Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Engenharia Civil - UNISINOS, 2015, 128 p.

KOPPE, A. – "Desenvolvimento e avaliação da resistência mecânica de cimentos alternativos produzidos a partir de rochas basálticas". Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Engenharia Civil - UNISINOS, 2013, 98 p.

KOPPE, A; GUINDANI, E. N.; MANCIO, M. Avaliação do potencial de resíduo de Rochas Basálticas como matéria-prima para a produção de cimentos alternativos: processo de álcali- ativação. Revista de Arquitetura IMED, 4(2): 24-32, jul./dez. 2015 - ISSN 2318-1109.

LIMA, J. A. R. Avaliação das consequências da produção de concreto no Brasil para as mudanças climáticas. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidad de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-23082010-105858/

LONGHI, M. A.; RODRÍGUEZ, E.D.; BERNAL, S. A.; PROVIS, J.; KIRCHHEIM, A.P; Valorisation of a kaolin mining waste for the production of geopolymers. Journal of Cleaner Production, v.115, p.265-272, 2016.

MANCIO. M.; MASUERO, A. B. Desenvolvimento e Caracterização de Novos Materiais Cimentantes com Reduzido Impacto Ambiental. Porto Alegre. Relatório técnico, Bolsa PDJ – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre. 37 f., 2012.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto. Microestrutura, propriedades e Materiais. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2014.

MONTANHEIRO, T. J., NEGRI, F.A., JANASI, V.A., YAMAMOTO, J.K., VOGADO, F.P.2011. Vidro vulcânico Maciço:Pozolana Natural no Oeste Paulista. Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 11, p. 59-74, abril de 2011.

PALOMO, A.; GRUTZECK, M. W.; BLANCO, M. T. Alkali-acivated Fly Ashes. A Cement for Future. Cement and Concrete Research, v. 29, p. 1323-1329, 1999.

SCHIAVON, M. A.; REDONDO, S. U. A.; YOSHIDA I. V. P. Caracterização térmica e morfológica de fibras contínuas de basalto. Cerâmica, vol. 53, n. 326 p. 212-217, 2007.

SNIC. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, 2012. Disponível em: http://www.snic.org.br/. Relatórios Anuais. Acessado em: 30/12/2016.

STRECKEISEN, A. To each plutonic rock its proper name. Earth-Science Reviews,12:1-33, 1976.

USGS. Minerals Information: Cement. Cement Statistics and Information. 2016. Disponível em: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement

WERNICK, E. Rochas Magmáticas, Conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica. São Paulo: Unesp, 2012.

450. ESTUDO DO DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE REVESTIMENTOS EM ALVENARIA – COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMA TRADICIONAL E MECANIZADO.

ALBUQUERQUE, Hiago Ribeiro[1](hiago.ribeiro@hotmail.com); OLIVEIRA, Marcos Honorato[1](marcoshonorato@unb.br); FERREIRA, Maurício de Pina[2](mpina@ufpa.br); PEREIRA, Claudio Henrique de Almeida Feitosa[1](claudiopereira@unb.br);*
[1]Universidade de Brasília (UnB), Brasil
[2]Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
Este artigo apresenta um estudo comparativo entre dois sistemas de revestimento em argamassa, o sistema convencional, realizado manualmente com colher de pedreiro, e o mecanizado por bombas de projeção. Para isso, foram determinados cinco parâmetros de comparação que foram aplicados em um canteiro de obra residencial na cidade de Brasília-DF. Seguindo uma metodologia adaptadas daquelas propostas por Costa (2005) e Paravisi (2008), a coleta dos dados foi realizada por observação direta *in loco* durante oito semanas. Dessa forma, os índices de desempenho mensurados em cada sistema construtivo são apresentados e confrontados entre si a fim de expor qual método de execução de revestimento obteve maior vantagem no estudo de caso. Por fim, a análise comparativa concluiu que a execução do sistema mecanizado de argamassa projetada obteve desempenho superior em todos os cinco parâmetros determinados, sendo o índice de perdas do sistema o que apresentou a vantagem mais notória em relação ao sistema convencional, acarretando em uma menor criação de resíduos sólidos; enquanto que a produtividade ainda foi o parâmetro de desempenho que possuiu oportunidades de aprimoramento mais evidentes entre os demais.
Palavras-chave: tema 7**,** argamassa projetada; revestimento em alvenaria; estudo de caso.

PERFORMANCE STUDY OF COATING SYSTEMS IN MASONRY - COMPARATIVE BETWEEN TRADITIONAL AND MECHANIZED SYSTEMS

ABSTRACT
This paper presents a comparative study between two mortar coating systems used in Brazilian construction, the conventional system, made manually, and the mechanized system realized by mechanized projection. For that, were determined five parameters of comparison that were applied in a residential construction in the city of Brasília-DF. Following a methodology adapted from those proposed by Costa (2005) and Paravisi (2008), the data collection was performed by direct observation *in loco* for eight weeks.Thus, the performance indexes measured in each construction system are presented and confronted with each other in order to explain which method of execution of the coating obtained greater advantage in the case study. Finally, the comparative analysis concluded that the execution of the mechanized projection system obtained superior performance in all five determined parameters, being the system loss index which presented the most noticeable advantage over the conventional system, resulting in lower solid waste production; while productivity index It was still the performance parameter that had the most obvious improvement opportunities among the others.
Keywords: theme 7**,** mechanized projection; masonry coating; case study;

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, é notória a utilização de materiais argamassados na construção civil para a produção de revestimentos desde a década de 50. Segundo Paravisi (2008), a crescente preocupação para melhorar a utilização da argamassa na produção de revestimentos se deve a esse sistema ser um dos maiores responsáveis por perdas, que influência na geração de resíduos sólidos e por possuir índices de produtividade relativamente baixos comparados a outros sistemas. Além disso, devido à grande influência do operador na produção de revestimentos em argamassa, o produto final pode ter considerável variabilidade quanto à sua qualidade e eficiência (COSTA, 2005).
É nesse contexto atual que a intensificação pela procura de aprimoramentos vem surgindo nas construções brasileiras. Zanelatto (2012) indica que a junção do bombeamento de argamassa com sua aplicação direta originou um novo patamar na produção de revestimentos, vendo nessa inovação uma oportunidade de diminuir a dependência da mão-de-obra, além de ser uma forma de aumentar a produtividade e diminuir a quantidade de desperdício no processo construtivo.
O método que utiliza bombas de projeção possui uma série de vantagens. Primeiramente, tem capacidade de vencer grandes distâncias, reduzindo as perdas de tempo no transporte e no espaço ocupado no canteiro. Outra vantagem está relacionada ao aumento da produtividade devido ao método não necessitar outros insumos da obra, como guinchos, gruas e operários auxiliares. Além do mais, o impacto ambiental pela disposição de resíduos é reduzido devido aos menores índices de perdas e de desperdício de material presentes no sistema mecanizado. Enquanto isso, as limitações desse método são relacionadas aos elevados níveis de pressões necessárias para transportar a argamassa até pavimentos superiores. Além disso, é preciso gastos periódicos com a manutenção desses equipamentos. Por último, a aplicação de bombas precisa ser acompanhada de todo um planejamento logístico de materiais e execução, que em sendo bem aplicados pode trazer bons resultados.

2. OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo determinar e comparar os aspectos positivos e negativos nos processos produtivos convencionais e mecanizados de revestimento em argamassa a partir de um estudo de caso aplicado em determinado canteiro de obra através da metodologia proposta pelo pesquisador.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa aqui apresentada teve como foco a investigação no processo de produção de revestimentos em argamassa realizado de maneira mecanizada e convencional praticado em uma construção residencial de 80 apartamentos localizado no setor Noroeste da cidade de Brasília, no Distrito Federal. Assim, dividiu-se o estudo em três etapas: a primeira composta de uma pesquisa bibliográfica para uma melhor fundamentação teórica do problema, a segunda, em que se realizou a coleta de dados por observação direta e, a terceira, e última, caracterizada como a fase de sistematização do conjunto dos dados obtidos e suas respectivas análises.

Para a comparação entre sistemas construtivos de revestimento em argamassa da alvenaria foi utilizado o sistema mecanizado em 79 apartamentos a partir de bombas de projeção, enquanto em 1 apartamento o procedimento de revestimento se deu pelo método convencional.
A observação direta no canteiro de obras teve uma duração de 8 semanas. Os cincos aspectos investigados no estudo foram: a descrição do sistema, a produtividade, o consumo de argamassa, as perdas do sistema e os custos de execução. Assim, os índices dos sistemas convencional e projetado foram isoladamente coletados enquanto a análise ocorreu de forma comparativa.

3.1 Descrição do sistema

Para a criação deste primeiro índice foi necessário realizar observações de campo de maneira direta e desenvolver um mapofluxograma. As observações foram realizadas periodicamente no canteiro de obras. Durante as observações foram registradas anotações dos procedimentos que se estavam sendo realizados, além das condições climáticas, horários e possíveis eventos aleatórios que poderiam estar influenciando nos resultados obtidos.
Além disso, a elaboração de mapofluxogramas, baseados na metodologia de Ishitawa (1991), permitiu quantificar os caminhos necessários para se obter o produto final do processo, enfatizando equipamentos e transporte, além do recebimento, armazenamento e movimentação de materiais. Dessa forma foi possível verificar possibilidades de melhoria através da eliminação ou simplificação de etapas que não beneficiam o sistema como um todo.

3.2 Produtividade

A realização da coleta de informações relacionadas à produtividade utilizou as ferramentas de cartão de produção e amostragem do trabalho. Logo, através do cartão de produção, que para esse estudo foi idealizado a partir da pesquisa de Santos (1995), foi possível obter informações da quantidade de área de revestimento executada, do número de operários envolvidos no processo e da quantidade de horas necessárias. Assim, executou-se o cálculo de dois possíveis índices de produtividade: Hh/m² e m²/dia.pedreiro, que serão explicados a seguir.
A primeira unidade de produtividade medida foi em Hh/m². Segundo Paravisi (2008), esse índice envolve toda a equipe de produção (pedreiros e ajudantes) e considera todo tempo utilizado pela equipe de operários para realizar a área do revestimento, desde a montagem de andaimes, seguido pela aplicação do revestimento e seu devido sarrafeamento/desempeno. Já o segundo índice de produtividade utilizado na pesquisa foi o m²/dia.pedreiro, que de acordo com Costa (2005), é bastante utilizado em obras por ser mais fácil de ser controlado. Esse índice quantifica apenas os operários que estão na etapa de produção de revestimento, isto é, os pedreiros, não contabilizando assim outros envolvidos no sistema de produção.

3.3 Consumo de argamassa

Baseado em Paravisi (2007), o estudo utilizou um acompanhamento simples da quantidade de material utilizado na obra através do registro diário da quantidade de material empregado no revestimento. É importante informar que no sistema mecanizado, que utilizou argamassa ensacada, contava-se quantidade diária de sacos batidos na bomba de projeção. Já para o sistema convencional, executado a partir de argamassa usinada, o registro deu-se a partir do número de jericas que chegavam no apartamento para a execução do revestimento.
Além disso, foi necessário realizar a análise da variação média de espessura de revestimento nas áreas executadas a partir de medição direta, procedimento baseado em Costa (2005) e Paravisi (2008). Assim, obteve-se o consumo real do sistema de revestimento convencional e projetado. Por último, comparou-se o valor encontrado com o consumo teórico fornecido pelo fabricante.

3.4 Perdas do sistema

O índice de desempenho para perdas foi elaborado considerando uma separação em dois fatores: o índice de perdas globais e o índice de perdas por espessura excessiva. Por último, devido à dificuldade de se estimar outras perdas em um canteiro de obra, Costa (2005) propõe e quantificação de toda perda de material proveniente de outros fatores como transporte e falhas no armazenamento e execução a partir da diferença entre as perdas globais e a perda por espessura excessiva, classificado como outras perdas ao longo do processo. Dessa maneira, o estudo levou em conta as perdas somente de material, medido em quilogramas.

3.5 Custos de execução

A análise de custos do estudo considerou apenas variáveis diretas relacionadas aos sistemas produtivos de argamassa convencional e mecanizada. Paravisi (2008) defende uma quantificação de custos baseada no custo de argamassa consumida e o custo por hora de equipamentos e da mão-de-obra através das ferramentas de cartão de produção e controle do consumo de argamassa. Assim, o índice de desempenho por custo também utilizou essa metodologia ao longo da pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui, serão apresentados todos os resultados obtidos para os cincos índices de desempenho propostos na metodologia. A análise será dividida em cada parâmetro obtido nos sistemas convencional e mecanizado de revestimento em argamassa, e estes, serão comparados entre si.

4.1 Descrição do sistema

As etapas referentes a cada um dos sistemas de execução de reboco foram acompanhadas periodicamente por observação direta a fim de conhecer as vantagens e limitações de cada uma. Para esse estudo de caso, optou-se por utilizar a argamassa usinada estabilizada para a execução do revestimento pelo método convencional. Assim, diariamente o produto chegava à obra através do caminhão betoneira, ocorrendo a descarga do material úmido dentro da baia de armazenamento, local onde os operários enchiam as jericas com argamassa e a transportavam até os pavimentos requeridos. Após, o recebimento do produto no apartamento em execução, o pedreiro realizava o lançamento da argamassa na alvenaria e, após o início da pega, ocorriam as etapas de sarrafeamento e desempeno. Por fim, se realizava a limpeza das áreas rebocadas.
Já no método projetado de reboco, foi utilizada argamassa de projeção ensacada que era recebida no canteiro de obras diariamente em *pallets*. Esse material era transportado, a partir de pranchas mecânicas, e armazenado próximo às bombas de projeção, que se localizavam em pontos estratégicos nos pavimentos. Assim, a bomba de projeção realizava a mistura e o bombeamento da argamassa até as áreas requeridas através do mangote. Após a projeção, a equipe realizava a primeira uniformização do revestimento através da régua H, recolhendo todo material em excesso ou que caia no chão e a reaproveitando novamente na bomba. Seguindo, com o início da pega da argamassa, se iniciava o sarrafeamento e o desempeno do reboco e, no fim do expediente, ocorria à limpeza das bombas de projeção e do local executado.

4.2 Produtividade

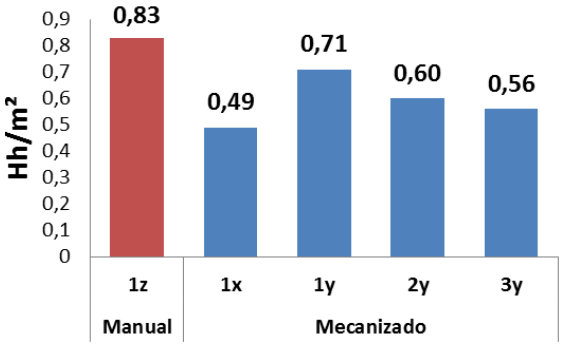
A partir da metodologia aplicada obteve-se os índices de produtividade em 2 unidades: Hh/m² e m²/dia.pedreiro cada uma indicando informações próprias a respeito de cada sistema. Sabendo que a produtividade também é influenciada pela quantidade de operários envolvida no processo

construtivo, a Tabela 1 apresenta indicações do nome atribuído e quantidade de pedreiros e ajudantes envolvidas em cada equipe. Na Figura 1 apresenta-se o gráfico ilustrando a produtividade média em Hh/m² alcançada em cada método de execução de reboco e suas respectivas equipes durante as 8 semanas.

Tabela 1: Relação da quantidade de operários em cada método

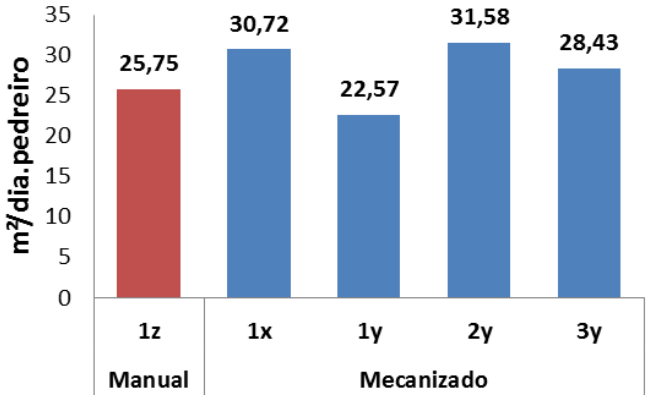
Sistema de Revestimento	Equipe de Serviço	Qt. De Operários	Total de Mão de Obra
Convencional	1z	1 Pedreiro 1 Ajudante	2 operários
Mecanizado	1x	4 Pedreiros 2 Ajudantes	6 operários
	1y	4 Pedreiros 3 Ajudantes	7 operários
	2y	3 Pedreiros 2 Ajudantes	5 operários
	3y	3 Pedreiros 2 Ajudantes	5 operários

Figura 1:Comparação da Produtividade em Hh/m² entre os sistemas convencional e mecanizado



Analisando o gráfico da Figura 1, observa-se que a equipe que obteve melhor desempenho foi a 1x, pois com seu valor de 0,49 Hh/m² foi a que necessitou menos homem-hora para realizar 1 m² de reboco. Além disso, percebe-se que todas as equipes que executaram pelo método projetado obtiveram resultados melhores que a equipe responsável pelo reboco manual. Assim, em média, a produtividade do sistema projetado teve um desempenho 40,6% superior ao do sistema convencional. A Figura 2 ilustra os resultados obtidos para o índice de produtividade em m²/dia.pedreiro, que contabiliza apenas os pedreiros envolvidos no sistema, para ambos sistemas.

Figura 2:Comparação da Produtividade em m²/dia.pedreiro entre os sistemas convencional e mecanizado

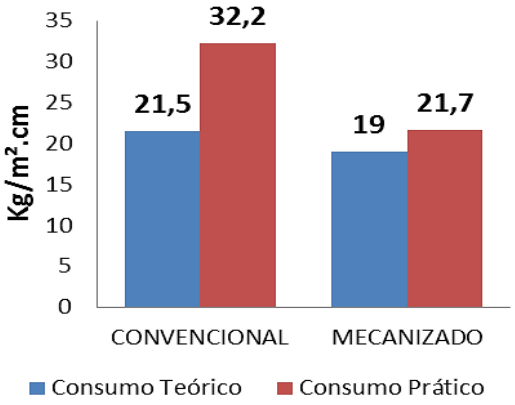


Observa-se que no geral as equipes que executaram o reboco projetado obtiveram melhor desempenho do que a equipe que realizou pelo método convencional. Assim, as equipes 1x, 2y e 3y produziram mais revestimento por dia e pedreiro do que a equipe 1z, entretanto, essa mesma teve índice superior a da equipe 1y, que apresentou a menor produtividade na observação.
Vale lembrar que revestimento em argamassa pelo método convencional foi feito apenas por um único pedreiro, enquanto que a equipe 1y tinha 4 pedreiros na execução. Isso mostra que um contingente maior de trabalhadores não aumenta incondicionalmente a produtividade de um sistema, sendo outros fatores como treinamento e sincronia entre operários muito mais impactantes na maximização da produtividade de um sistema, como apresentado por Crescenio *et al.* (2000).

4.3 Consumo

O índice de desempenho do consumo visa confirmar a veracidade sobre a quantidade de material utilizado para se realizar o serviço em relação ao que é estimado pelo fabricante (PARAVISI, 2008). Como foi explicado na metodologia, a partir dessa quantidade de material, da metragem de área executada e a variação média de espessura das paredes executadas, obteve-se o consumo prático em kg/m².cm para ambos métodos de reboco, conforme pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: Comparação entre índices de consumo real e prático de cada sistema de revestimento.

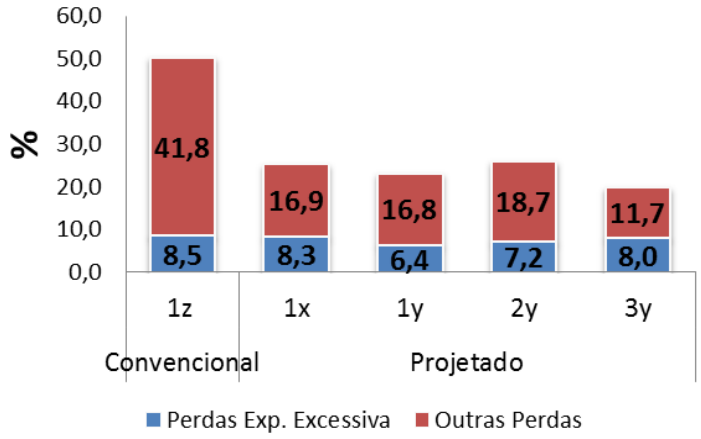


Os resultados obtidos indicam que o método projetado de execução do reboco teve um consumo real mais próximo o valor teórico esperado, apresentando um média de consumo 14,5% superior aos 19 kg/m².cm que foi estipulado pelos estudos em laboratório do fornecedor. O sistema convencional, por sua vez, teve seu consumo médio de 32,2 kg/m².cm, valor 49,7% maior do que o consumo teórico que era de 21,5 kg/m².cm. Alguns autores enfatizam a confiabilidade do sistema mecanizado frente ao tradicional quando se compara consumos práticos e teóricos. Entretanto, estudos também reafirmam que fatores externos ao sistema de revestimento como problemas na execução da alvenaria, que geram erros de prumo e alinhamento, inexperiência dos operários, entre outros, também influenciam no aumento de consumo de argamassa. Porém, como a variação de espessura de revestimento não foi grande nos dois métodos de projeção, infere-se que menores perdas podem ter ocasionado à vantagem do sistema projetado.

4.4 Perdas no sistema

Como apresentado anteriormente, a pesquisa focou-se nas perdas que ocorrem na fase de execução do reboco, isto é, para os cálculos foram apenas considerados dois tipos de perdas físicas: as provenientes de uma espessura inadequada da que devia ser realizada conforme o projeto e também as perdas gerais que foram nomeadas como “outras perdas”. Dessa forma, segue na Figura 4 a porcentagem de cada um desses tipos de perdas que cada sistema teve.

Figura 4: Comparação do índice de perdas dos sistemas de revestimento em argamassa



Acima é ilustrada a considerável diferença no índice de perdas que os sistemas possuem quando comparado, tendo o método convencional perdas globais média de 50,3% e o método projetado com valores médios de perda variando entre 19,7% e 25,3%, ou seja, uma redução de até 115% nas perdas do sistema. Percebe-se também que a média das perdas por espessura excessiva se assemelhou bastante nos dois sistemas de revestimento em argamassa, apresentando valores entre 6,4 e 8,5 % para ambos os casos, o que evidencia que erros de execução do reboco com espessuras fora do padrão de projetos não foram tão significativas na obra.

Entretanto, o índice de perdas referente às outras perdas ao longo do processo foi de 41,8% no sistema convencional, valor bastante significativo quando comparado ao projetado. Segundo Costa (2005), as perdas no sistema convencional costumam se acumular desde o armazenamento, transporte chegando até a execução do reboco com uma reutilização ineficaz da argamassa acumulada no chão após o lançamento. E foram justamente nessas três fases do processo que se percebeu potenciais de perda: devido ao caminhão com argamassa usinada que desperdiçava ao

despojá-la na baia, também nas pequenas quantidades de material que caiam no chão durante o transporte até o apartamento determinado e por último na má reutilização da argamassa que, após tempo de pega, perdia sua trabalhabilidade e era levado para o lixo.
Por sua vez, o sistema projetado de revestimento obteve valores de 11,7 a 18,7 % em outras perdas do sistema, resultado em média 160% menor do que encontrado no apartamento rebocado manualmente. Dessa forma, as equipes que operaram com bombas de projeção adquiriram ampla redução nas perdas ao longo do processo, justificado pela diminuição ou eliminação de oportunidades de perdas de argamassa no armazenamento, transporte e execução do sistema. O resultado disso é a influência direta em menores quantidades de carbono lançado ao ambiente devido a quantidade reduzida de material para realizar a mesma quantidade de serviço, uma vez que o processo da reutilização de argamassa se mostrou bem mais eficiente nas equipes que operaram com bombas de projeção, o que também acarretou em uma considerável diminuição de resíduos sólidos provenientes de argamassa não utilizada que foram geradas no canteiro de obras e alocadas em caçambas de lixo para um posterior lançamento ao ambiente.

4.5 Custos de execução

No último parâmetro se realizou a comparação entre os sistemas a fim de determinar qual apresentou menor custo de execução. É importante lembrar que em ambos os casos considerou-se apenas os custos diretos na aquisição da argamassa e na contratação da mão de obra.
Para isso, os gastos de cada sistema foram isoladamente equacionados no formato de uma função linear baseadas nas despesas com argamassa e mão de obra, onde a variável “x” é a área de reboco executada em m² e a f(x) trata-se do custo total de execução em R$. Dessa forma, Tabela 2 indica as equações de custo obtidas nos dois sistemas estudados.

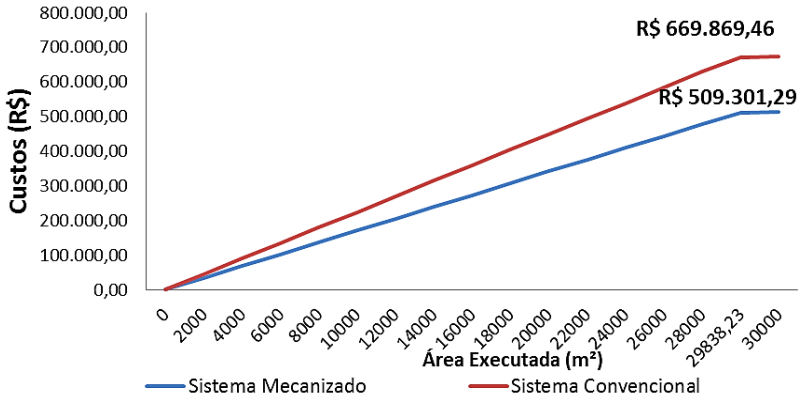
Tabela 2: Equações de Custo de Execução para cada um dos sistemas de revestimento

Custo Argamassa (R$/m²)	Custo Argamassa (R$/m²)	Custo Mão de Obra (R$/m²)	Equação de Custo
Mecanizado	4,07	13,00	f(x)= 17,07x
Convencional	4,45	18,00	f(x)= 22,45x

Primeiramente é possível inferir ambos os custos de argamassa e os de mão de obra foram superiores no sistema convencional. O maior custo em argamassa nesse sistema se justifica pelo maior consumo médio real que a equipe 1z alcançou durante a execução do reboco. Enquanto isso, os custos de mão de obra foram determinados por contratos entre a construtora e outras três empreiteiras, possuindo a empresa Z, responsável pelo reboco manual, o custo de 18,00 R$/m². Já o custo de execução para as empresas X e Y teve o mesmo contrato de 13,00 R$/m².
Seguindo essa linha, as equações de custo para cada sistema foram ilustradas em forma de um gráfico linear em que é simulado os custos de execução caso todo o empreendimento, com 29.938,23 m², fosse realizado completamente pelo sistema mecanizado ou tradicional.

Dado o gráfico da Figura 5, infere-se que o maior coeficiente angular do sistema convencional ocasiona uma maior inclinação da reta, diferentemente do mecanizado. Consequentemente, quanto maior for à área de revestimento executada no canteiro, mais barato é o custo do sistema mecanizado em relação ao convencional para esse estudo de caso. Dessa forma, simulando todo o empreendimento de 29.938,23m² de revestimento em argamassa, a diferença de custos do reboco convencional para o projetado alcança um valor de R$ 160.567,17, isto é, despesas 32% superiores.

Figura 5: Comparação dos custos de execução, em reais, para cada sistema de revestimento.



5. CONCLUSÃO

Durante a elaboração deste trabalho pôde-se compreender a importância que vem sendo enfatizado o aprimoramento de sistemas construtivos de revestimento em argamassa. Seguindo, as principais dificuldades encontradas durante a pesquisa se deram na inviabilidade de permanecer durante todo período acompanhando cada equipe de execução, bem como por ser impossível controlar alguns influentes internos e externos do desempenho desses sistemas.

A descrição dos processos de cada método demonstrou que as etapas de transporte e armazenamento são minimizadas no sistema mecanizado, o que afetou diretamente os potenciais de perda de material e tempo de mão de obra, além de possibilitar uma otimização da produtividade das frentes de serviço. Além disso, menores oportunidades de perda no sistema mecanizado podem ter ocasionado um consumo real mais próximo do consumo teórico fornecido pelo fabricante, valor que obteve maior diferença no método convencional de reboco.

Englobando todos os 5 índices de desempenho, os resultados indicaram que a diferença mais nítida entre os métodos mecanizado e convencional ocorreu no índice de perdas, uma vez que foi atestado uma significante vantagem do sistema projetado, que apresentou perdas 2,5 vezes menores em relação ao método convencional. Consequentemente, essa redução impactou de forma positiva o índice de consumo de argamassa e de custos de execução do sistema projetado. Além disso, utilização e reutilização da argamassa de maneira eficiente, acarretou em menores impactos ao ambiente por gerarem emissões de gás carbônico na atmosfera em menor escala e também pela quantidade reduzida de entulho produzida no canteiro de obras proveniente de argamassa com tempo de vida útil vencida ou não reaproveitada.

Entretanto, para o índice de produtividade, conclui-se que ainda existem oportunidades de aprimoramento no processo construtivo, talvez necessitando mais treinamentos em equipe a fim de garantir uma melhor sincronização da função de cada operário possui nas etapas de execução do reboco. Além disso, também nota-se a importância de realizar um correto dimensionamento das equipes, visto que a pesquisa apontou que um maior tamanho da equipe não garante, incondicionalmente, uma melhor produtividade do sistema construtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEOTTO, L.C ; BANDUK, R.C ; NAKAKURA, E.H. Revestimentos em Argamassa – Boas Práticas em Projeto, Execução e Avaliação. Porto Alegre: ANTAC 2005

COSTA, F. N. Processo de Execução de Revestimento de Fachada de Argamassa: Problemas e Oportunidades de Melhoria. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CRESCENIO, R. M: PARKESIAN, G.A ; BARROS, M,S,B; SABBATINI, F.H. Execução de revestimentos com argamassa projetada, In: 8º ENTAC. Salvador,2000.v.2

CUNHA, V.J.F. Produtividade na Indústria da Construção – Análise da Influência da Especificação de Materiais. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.

ISHITAWA, J. IE for the shop floor: production though process analysis. Portland: Productivity Press, 1991. 182p

LINARD, R.S.S; HEINECK, L.F.M; GEHBAUER, F . Produção de argamassas – Racionalização no transporte de materiais da produção a utilização. In. Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Florianópolis, 2005. P 908-915

PALIARI, J.C; SOUZA, U.E.L.de; ANDRADE, A.C. Estudo sobre consumo de argamassa de revestimento interno e externo nos canteiros de obras. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, 2º, Fortaleza, CE,2001

PARAVISI, S. Avaliação de Sistemas de Produção de Revestimentos de Fachada com Aplicação Mecânica e Manual de Argamassa. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

SANTOS ,C,C,N. Critério de projetabilidade para argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal. Dissertação(Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília,2003. 138p

SANTOS, A. dos. Medição de produtividade em canteiros utilizando a técnica da amostragem do trabalho. In: Gestão da qualidade na construção civil: uma abordagem para empresas de pequeno porte. 2 ed. Porto Alegre: Pqpcc/RS, 1995 p.197 -222

ZANELATTO, K.C. Avaliação da técnica de execução no comportamento dos revestimentos de argamassa aplicados com projeção mecânica continua. São Paulo, 2012.

469. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PROTEÇÃO DO CIMENTO COM ADIÇÃO DE SÍLICA ATIVA SOB AÇÃO DE CO_2 E ÍONS CLORETOS

CARDOSO, Ariane da Silva[*1](ariane_cardoso@hotmail.com); BEZERRA, Raiza Silva*[2] *(rbraizabezerra@gmail.com); MONTEIRO, Eliana Cristina Barreto*[1] *(eliana@poli.br); SILVA, Ângelo Just da Costa*[1] *(angelo@tecomat.com.br)*

[1] Universidade de Pernambuco (UPE), Brasil

[2] Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

A corrosão de armaduras é uma das principais manifestações patológicas relacionadas ao concreto armado, principalmente oriundas das ações dos íons cloretos e dos efeitos da carbonatação. A sílica ativa é um resíduo industrial que promete promover maior durabilidade do concreto, pois proporciona uma barreira física à penetração dos agentes agressivos. No entanto, alguns pesquisadores afirmam que embora melhore as qualidades do concreto aumenta a profundidade de carbonatação devido à redução da reserva alcalina. Com o intuito de entender o comportamento da adição mineral nos concretos, buscou-se analisar a capacidade de proteção da pasta com adição de sílica ativa em substituição parcial do cimento Portland CPIIZ-32, frente a ação de CO_2 e íons cloretos. Para este estudo, confeccionaram-se traços com 10% e 15% de sílica ativa em substituição parcial do cimento, e relação água/aglomerante de 0,5 e 0,7 ao qual se verificou a profundidade de carbonatação através do emprego do indicador de fenolftaleína com base na norma RILEM CPC-18 (1998), e a profundidade de penetração de cloretos através do método colorimétrico de aspersão de nitrato de prata com base na norma italiana UNI 7928 (1978), em amostras submetidas à semiciclos de secagem e molhagem. A Sílica Ativa se mostrou benéfica, apresentando uma redução na profundidade de penetração de cloretos de até 29,88%. Quanto a proteção frente à ação de CO_2, apenas a substituição de 10% se mostrou benéfica para as amostras com relação a/agl 0,5, reduzindo a profundidade carbonatada em 13,08% e nos demais traços apresentou um aumento na profundidade de carbonatação de no máximo 5,48%. Desta forma não se descarta sua utilização em concretos com baixo fator a/agl para melhorias nas suas características, além de proporcionar uma redução na utilização de cimento e consequentemente uma menor poluição atmosférica devido à diminuição da emissão de CO_2 na produção do clinquer.

Palavras-chave: Corrosão; Cloretos; Carbonatação; Sílica ativa; Nitrato de prata.

ANALYSIS OF CEMENT PROTECTION CAPACITY WITH ADDITION OF ACTIVE SILICA UNDER CO_2 ACTION AND CHLORIDE ICONS

ABSTRACT

The corrosion of reinforcement is one of the main pathological manifestations related to the reinforced concrete mainly coming from the actions of chloride ions and the effects of carbonation. The silica fume is an industrial waste that promises to promote greater durability of concrete, because it provides a physical barrier to the penetration of aggressive agents and a reduction of the environmental pollution due to the reduction of CO2 emissions in the production of clinker and the reduction of industrial waste. However, some researchers claim that besides the active silica improve the concrete quality, it increases the carbonation depth due to the reduction in alkaline reserve. In order to understand the behavior of the addition of minerals in concrete, the aim of this work was to

analyze the protection capacity of the silica fume pulp in partial replacement of the Portland cement CPIIZ-32, against the action of CO_2 and chloride ions. For this study, traces with 10% and 15% silica fume were made in partial replacement of the cement, in relation to water/binder of 0.5 and 0.7 in which a carbonization depth was verified using Phenolphthalein indicator based on the RILEM CPC-18 (1998) standard, and the depth of penetration of chlorides through the colorimetric silver nitrate spray method based on the Italian standard UNI 7928 (1978) in samples submitted to half-cycle of drying and wetting. The silica fume was beneficial in the protection against the action of chlorides, presenting a reduction in the depth of penetration of up to 29.88%. Regarding the protection against the action of CO_2, only the 10% substitution was beneficial for samples with respect water / binder 0.5, reducing the carbonate depth in 13.08% and in the other traces presented an increase in the carbonation depth of almost 5.48%. So the use of silica in concretes with low water/binder factor is not ruled out for improvements in its characteristics, as it provides a reduction in the use of cement and consequently a lower atmospheric pollution due to the reduction of the emission of CO_2 in the production of clinker.
Keywords: Corrosion; Chlorides; Carbonation; Silica fume; Silver Nitrate.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), o concreto não se apresenta tão resistente e tenaz quanto o aço, possui resistência a agressões físicas e químicas do ambiente, mostra-se de fácil execução e adaptabilidade a qualquer forma de construção, possui menor custo e é mais facilmente produzido no canteiro de obra.

Entretanto, o concreto poderá apresentar diversas manifestações patológicas que são causadas por diversos fatores. Barbosa et. Al (2012), considera a corrosão das armaduras como o fenômeno mais frequente de deterioração das estruturas de concreto armado, comprometendo-as tanto do ponto de vista estético, quanto do ponto de vista de segurança. A corrosão pode ser desencadeada por meio de dois agentes principais, sendo eles a ação de íons cloretos, o qual afeta a película passivadora, e a carbonatação, que reduz o pH de precipitação do concreto, reduzindo a estabilidade da película passivadora. No entanto, para que a corrosão se instale é necessário e indispensável à presença de um eletrólito (como a água, por exemplo), de uma diferença de potencial (que pode ser gerada por diferença de umidade, aeração e tensões no concreto ou no aço, entre outros) e a disponibilidade de oxigênio (CUNHA; HELENE, 2001).

A sílica ativa esta sendo consumida em grande escala na tentativa de melhorar as propriedades do concreto e minimizar os efeitos dos agentes agressivos. Barata (2001) verificou que a adição de sílica ativa proporciona as misturas de concreto maior coesão, facilidade de acabamento e redução da exsudação. Contudo, Helene (1993) chama atenção que “embora as adições melhorem consideravelmente as propriedades do concreto reduzindo a permeabilidade, a porosidade e aumentando a resistência à compressão, ao mesmo tempo aumentam a velocidade de carbonatação", o que o autor explica devido ao teor de álcalis disponível para as reações de carbonatação.

Estudos internacionais apontam que aproximadamente 5% das emissões de CO_2 de origem antrópica no mundo provêm da produção do cimento. No Brasil, esse valor corresponde a 1,4% de acordo com o último Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa, divulgado em 2010 segundo Kihara e Visedo (2014). A utilização de adições tem representado uma das mais eficazes medidas de controle e redução das emissões de CO_2 da indústria. O país apresenta a menor relação clínquer e, consequentemente, o maior percentual de adições utilizadas, colocando mais uma vez esta

nação como referência internacional na busca por cimentos melhores e com menor emissão (KIHARA e VISEDO, 2014).
Nota-se, diante de todo o exposto, a complexa questão da utilização de sílica ativa em concretos que por um lado tem-se um comportamento favorável frente à ação de cloretos e por outro lado, tem-se um aspecto desfavorável quanto a maior velocidade e profundidade da frente de carbonatação. Por esses motivos, se faz necessário cada vez mais estudos que comprovem a influência dessas substituições no concreto.

2. OBJETIVO

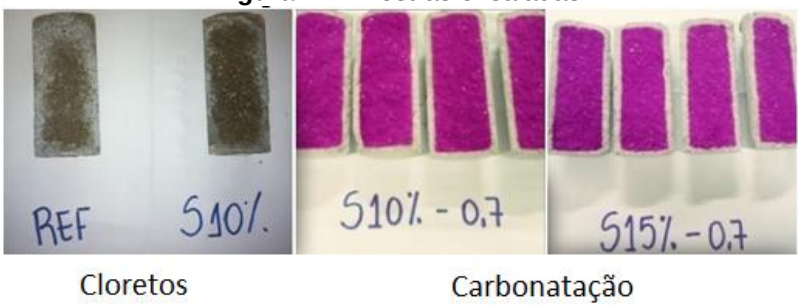
Analisar a influência da adição da sílica ativa em substituição parcial do cimento na capacidade de proteção da pasta sob a ação de CO_2 e íons cloretos, utilizando diferentes relações água/aglomerante.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O programa experimental buscou avaliar a presença de cloretos livres através do método colorimétrico de aspersão da solução de nitrato de prata com base na norma italiana UNI 7928 (1978), e a verificação da profundidade de carbonatação através de aspersão da solução de fenolftaleína baseado na norma RILEM CPC-18 (1998), em argamassas confeccionadas com o cimento Portland CPII Z – 32, com relações água/aglomerante 0,5 e 0,7 e substituição parcial do cimento por 10% e 15% de sílica ativa não densificada, na forma de pó.
Adotou-se para o estudo, a utilização de argamassas, devido às pequenas dimensões dos corpos-de-prova e com a intenção de simular o cobrimento do concreto, moldados de acordo com as recomendações da NBR 7215 (ABNT, 1996), utilizando o traço 1:3. A definição da relação água/aglomerante se deu com o objetivo de dar continuidade à pesquisa de Barros (2015), além de simular grande parte das obras que estão sendo recuperadas atualmente em Recife-PE que foram concebidas com a utilização da relação água/cimento 0,7.
Para a verificação da profundidade de carbonatação, objetivando simular uma situação real de exposição, as amostras permaneceram previamente expostas na garagem de uma edificação residencial, com provável concentração de CO_2 em torno de 1%, e umidade relativa média do ar de 86%, por um período de 60 dias. O ensaio consiste em mensurar a profundidade de carbonatação através da aspersão de uma solução com indicador químico na peça recém-fraturada para que a face a ser analisada não venha sofrer a interferência do CO_2 do ar. Para a execução do ensaio, cada amostra foi rompida à tração por compressão diametral e borrifada em sua face interna a solução de fenolftaleína. A profundidade foi verificada visualmente pela diferença de coloração do chamado ponto de viragem da fenolftaleína. O valor da frente de carbonatação foi baseado em seis leituras das maiores profundidades de uma face para no fim copilar uma média, realizadas através de um paquímetro, sendo expresso em milímetros. Os valores encontrados foram submetidos a uma análise estatística de variância, onde aqueles que diferiram muito da média foram descartados, mantendo assim um coeficiente de variação menor do que 15%, garantindo uma baixa dispersão dos dados e uma maior confiabilidade nos resultados. Os dados estão representados em um gráfico, por meio de seus respectivos valores médios.
Para verificação da presença de cloretos livres o ensaio foi baseado na norma italiana UNI 7928 (1978), que estipula uma solução de nitrato de prata com concentração de 0,1 mol/l, ou seja, 17g de $AgNO_3$ para 1 litro de água destilada. Adotou-se para esta pesquisa o método utilizado por

Monteiro (1996), onde os corpos-de-prova foram submetidos à ciclos de secagem com duração de 5 dias em estufa à 50°C e à ciclos de imersão parcial em uma solução de 5% NaCl, com duração de 2 dias. Completados os 4 ciclos seguido acrescido de mais uma etapa de secagem, as amostras foram rompidas à tração por compressão diametral e em seguida efetuou-se a aspersão de uma solução de nitrato de prata com concentração de 0,1M na superfície interna. As amostras permaneceram em ambiente iluminado no período de 15 minutos, para que a reação fotoquímica entre a solução e a superfície da argamassa ocorresse. Posteriormente realizou-se as leituras por meio de um paquímetro de acordo com as recomendações da NT BUILD 492 (2000) através da realização de sete medidas para no fim copilar uma média.
A Figura 1 apresenta as amostras após os ensaios de presença de cloretos e profundidade de carbonatação.

Figura 1. Amostras ensaiadas.



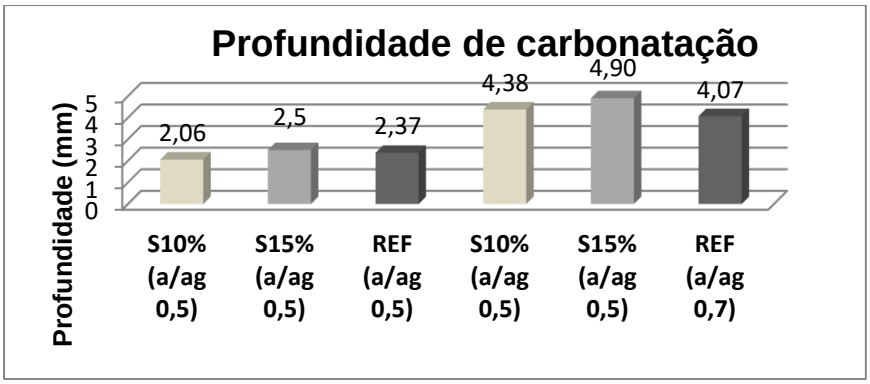
Fonte: Os autores (2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ação do CO_2

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos no ensaio de verificação da profundidade de carbonatação.

Figura 2. Profundidade de carbonatação.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Para relação a/agl 0,5 é notável a influência negativa da sílica ativa no aumento da profundidade de carbonatação apenas com a utilização de 15%. Quando se aumentou a relação água/aglomerante para 0,7 as amostras de referência (sem adições) foram as que apresentaram menores profundidades de carbonatação, tendo em vista que possuem maiores teores de hidróxido de cálcio que os concretos com adições minerais. Nota-se que quanto maior o percentual da adição, maior a profundidade carbonatada. O resultado já era esperado de acordo com alguns pesquisadores como Helene (1993), Monteiro (1996) e Alves (2000), tendo em vista que as reações pozolânicas consomem os álcalis livres resultantes da hidratação do clínquer, reduzindo a alcalinidade da pasta e consequentemente favorecendo a frente de carbonatação.

No entanto, as amostras com substituição de 10% de sílica ativa do presente estudo apresentaram uma redução de 13,08% da profundidade de carbonatação em comparação a amostra de referência para relação a/agl 0,5.

Sabe-se que concretos com elevada porosidade, na presença de umidade estão mais sujeitos à carbonatação. No entanto o gás carbônico gasoso na realidade não é reativo, porém na presença de água, forma o ácido carbônico, que reage com o hidróxido de cálcio gerando, entre os compostos principais, carbonato de cálcio.

Sabe-se também, que a utilização de sílica ativa em uma quantidade adequada dificulta a passagem dos agentes agressivos, pois provoca o refinamento da estrutura de poros tornando-o de baixa penetrabilidade. A redução do número e tamanho dos poros reflete na diminuição do transporte de massa para o interior do concreto, e consequentemente aumenta a durabilidade das estruturas, o que pode explicar a redução da profundidade carbonatada com substituição de 10% de sílica ativa nas amostras com relação a/agl 0,5.

Ainda pode-se perceber que as profundidades alcançadas foram na ordem de 96% a 112,62% maiores nas amostras com relação a/agl 0,7, fato este, que mais uma vez reforça a importância da relação a/agl para determinar as características da pasta endurecida como a compacidade e porosidade, e consequentemente uma maior ou menor permeabilidade. Quanto maior a relação água/aglomerante, maior a profundidade de carbonatação.

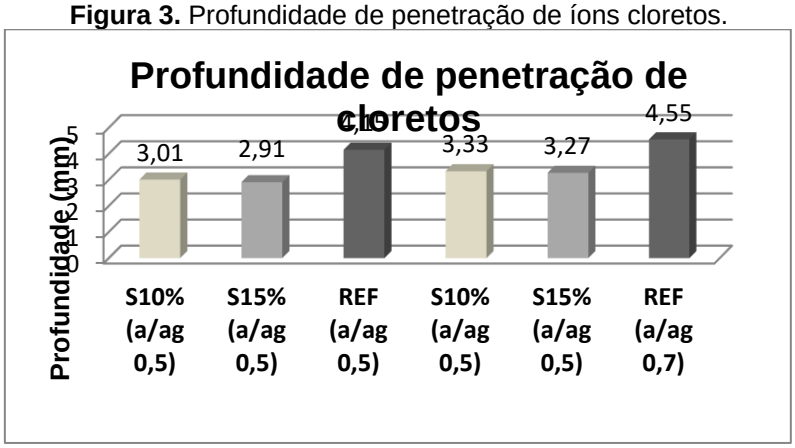
Isaía (1995) afirmou que teores elevados de adições minerais tendem a diminuir o pH, porém não o suficiente para despassivar a armadura, o que também foi evidenciado por Cadore (2008). Neville (1997) relata que ensaios feitos com pastas maduras de cimento Portland com alcalinidade elevada (pH igual a 13,9) com adição de 10% de fumo de sílica apresentaram uma redução do pH de apenas 0,5, e para 20% de adição a redução do pH foi de 1,0, mostrando que mesmo assim o pH permaneceu acima de 12,5, o que representa um valor adequadamente alto para proteção das armaduras contra a corrosão. Nessas condições, vale verificar se os benefícios proporcionados pelas adições no que se refere a qualidade do concreto, dificultando a penetração de agentes agressivos como os cloretos, compensariam esta redução do pH, uma vez que ela não é significante para despassivar a armadura.

Segundo Isaía (1999), o efeito das adições minerais depende da forma com que a mistura é realizada, se por substituição ou por adição. O autor constatou para a mesma relação a/agl, que há uma diminuição da penetração de CO_2 com a adição de cinza volante sem redução no teor de cimento, enquanto que, sob a forma de substituição de cimento há um acréscimo na profundidade de carbonatação.

4.2 Ação dos Cloretos

A Figura 3 apresenta os resultados da profundidade de penetração de cloretos.

Figura 3. Profundidade de penetração de íons cloretos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Para relação água/aglomerante 0,5, nota-se que todas as amostras com as adições apresentaram um melhor desempenho quanto à proteção da pasta frente à penetração de cloretos. As amostras com 15% de substituição apresentaram uma menor profundidade de penetração de cloretos em comparação as amostras com 10% de substituição, no entanto esta diferença foi bem pequena, estando de acordo com as pesquisas existentes que há uma “quantidade ótima” da adição para se obter seus benefícios, e a partir desta quantidade, os benefícios acrescidos seriam irrisórios.

A utilização de 10% e 15% de sílica ativa em substituição parcial do cimento resultou em uma redução de 27,47% e 29,88% na profundidade de penetração dos íons cloretos respectivamente para relação a/agl 0,5.

O mesmo comportamento se repete quando aumenta-se a relação a/agl para 0,7, resultando em uma redução de 26,81% e 28,13% para 10% e 15% de substituição respectivamente.

Percebe-se ainda, que a utilização de adições com a finalidade de proteger a pasta contra a penetração de cloretos pode ser mais importante do que a própria relação água/aglomerante. As amostra com adições e relação a/agl 0,7 mostraram um melhor desempenho do que a amostra sem adições e relação a/agl 0,5. A profundidade de penetração das amostras de referência com relação a/agl 0,5 (sem adição) foi na ordem de 1,27 vezes maior do que a profundidade das amostras com utilização de 15% de sílica ativa com maior relação a/agl.

Outra observação importante é a pequena diferença de profundidade de penetração entre as amostras com relação a/agl 0,5 e 0,7. A sílica ativa possui elevada finura, e seu emprego aumenta a demanda de água das argamassas na ordem de 129% sendo necessária a utilização de aditivos fluidificantes ou plastificantes para que não afete a trabalhabilidade da argamassa. No entanto, com o objetivo de dar continuidade a pesquisa de Barros (2015), não se utilizou aditivos nas amostras desta pesquisa, o que torna a pasta “mais seca”, dificultando o adensamento quando não se aumenta a quantidade de água. Acredita-se que estas profundidades de penetração dos íons cloretos poderiam ser reduzidas mais ainda se houvesse o emprego adequado de aditivos.

4.3 Do ponto de vista da sustentabilidade

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, só em 2013 foram consumidos 71 milhões de toneladas de cimento em todo o território nacional. Isso significou um consumo per capita de 353 kg/hab/ano. Baseado no consumo do concreto mais utilizado de acordo com Itambé (2016), se considerarmos que um concreto normal é composto por aproximadamente 12% de cimento, 8% de água e 80% de agregado, em massa, significa dizer que, em 2013, a indústria do concreto no Brasil consumiu aproximadamente 473 milhões de toneladas de areia e rocha britada, e 47 milhões de toneladas de água de amassamento (47,3 bilhões de litros), colocando o concreto talvez na posição do maior consumidor de reservas naturais do mundo. Sabe-se que os processos industriais relacionados à produção do cimento Portland é considerado como um dos principais responsáveis em colaborar com o efeito estufa por atacar a camada de ozônio que reveste a Terra através da grande quantidade de emissão de CO_2 seja na transformação química da matéria-prima em cimento, ou com a queima de combustíveis utilizados para possibilitar essa transformação.

Nesses processos, são liberados também outros poluentes, como óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e compostos de chumbo. Além disso, estes processos industriais utilizam recursos não renováveis como argila e calcário e grande quantidade de energia, chegando a consumir 2% de toda a energia global. As cimenteiras também são responsáveis por 5% da emissão de dióxido de carbono (CO_2) de todo o mundo, se tornando um dos maiores emissores de gases de efeito estufa, principalmente na fase de clinquerização. Na produção de uma tonelada de clínquer é produzido uma tonelada de CO_2 (CARVALHO, 2008).

Encontrar soluções alternativas para reduzir a agressão ao meio ambiente é algo em caráter de urgência. É um desafio que se faz necessário e adições como a sílica ativa podem fazer parte deste conjunto de soluções.

A sílica ativa é um resíduo industrial, sendo possível com sua utilização na construção, amenizar dois problemas simultaneamente: a redução da quantidade de cimento utilizada e a destinação dos rejeitos industriais.

A utilização da sílica ativa em substituição parcial do cimento resulta em um material cimentício com menor quantidade de clínquer e, consequentemente, menor consumo de energia e menor emissão de dióxido de carbono (CO_2), cerca de 25% a 35%, para concretos de mesma classe de resistência pelo simples fato de reduzir o consumo de aglomerante, amenizando assim os impactos ambientais (POMPIANI e TARTUCE, 2011).

5. CONCLUSÃO

A sílica ativa propicia muitos benefícios às propriedades do concreto, tanto em relação a sua reologia no estado fresco, quanto ao comportamento mecânico e de durabilidade no estado endurecido. No entanto se torna evidente que as misturas com maiores teores de adição mineral, são fatores preponderantes para as reduções na alcalinidade do sistema, e consequentemente, maiores profundidades de carbonatação.

Na presente pesquisa perceberam-se os seguintes resultados:

Quanto a ação do CO_2:

- Substituições de 10% de sílica ativa para relação a/agl 0,5 se apresentou benéfico quanto a proteção contra a frente de carbonatação, reduzindo a profundidade carbonatada em 13,08%,

- Substituições de 15% de sílica ativa para relação a/agl 0,5 não apresentaram um bom desempenho, portanto verificou-se que quanto maior o percentual da substituição, maior a profundidade de carbonatação.
- Os piores desempenhos para relação a/agl 0,5 não ultrapassaram 5,48% da profundidade carbonatada em comparação as amostras de referência.
- Para relação a/agl 0,7 não houve benefícios de proteção contra a frente de carbonatação, e também quanto maior o percentual de substituição, maior a profundidade alcançada devido a elevada porosidade.
- Os piores desempenhos para relação a/agl 0,7 chegaram a um aumento de 20,39% da profundidade carbonatada para 15% de substituição por sílica ativa.
- A profundidade de carbonatação aumentou de 96% a 112.62% nas amostras com relação a/gl 0,7 em comparação as amostras com relação a/gl 0,5.

Quanto a ação de íons cloretos

- A sílica ativa se mostrou benéfica quanto à proteção da pasta frente à penetração de cloretos.
- Para relação a/agl 0,5 a utilização de 10% e 15% de sílica ativa em substituição parcial do cimento resultou em uma redução de 27,47% e 29,88% na profundidade de penetração dos íons cloretos respectivamente.
- Para relação a/agl 0,7 a utilização de 10% e 15% de sílica ativa em substituição parcial do cimento resultou em uma redução de 26,81% e 28,13% na profundidade de penetração dos íons cloretos respectivamente.

Conclui-se, portanto que a substituição parcial do cimento por sílica ativa, proporciona maior capacidade de proteção à penetração de íons cloreto e, consequentemente, maior durabilidade das estruturas de concreto. No entanto para compreender-se a capacidade de proteção frente à carbonatação é preciso novos estudos para encontrar a quantidade adequada que não cause efeitos contrários devido à redução da reserva alcalina. Contudo, para baixos valores de relação água/aglomerante, os benefícios que as adições podem trazer às características do concreto sobrepõem-se a possível redução da reserva alcalina, pois os acréscimos da profundidade carbonatada encontrados foram pequenos em comparação as amostras sem adições, e provavelmente não serão suficientes para a despassivação das armaduras, considerando concretos com alcalinidade inicial elevada e um cobrimento adequado. Este comportamento não se aplica para elevadas relação água/aglomerante.
Por este motivo, deve-se tomar cuidado nas escolhas dos materiais para cada finalidade aplicada, e atentar-se ao uso de adições principalmente para utilização em ambientes com alta concentração de CO_2.
Destaca-se também a importância do uso de aditivos fluidificantes ou plastificantes em argamassas e concretos com utilização da sílica ativa que possuam baixa relação água/aglomerante para que se mantenham as mesmas condições de trabalhabilidade, e não se obtenha um efeito adverso pela dificuldade do adensamento e consequentemente maior porosidade na pasta.
Por fim, recomenda-se então o uso de sílica ativa com o objetivo de aumentar a proteção da pasta contra a ação de íons cloretos e consequentemente aumentar a vida útil das estruturas, contanto que sua aplicação não seja em ambientes com elevada concentração de CO_2. Para estes casos, deve-se ter cautela na escolha do tipo e quantidade da adição mineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Versão corrigida 1997. Rio de Janeiro, 1996.

BARATA, M. S. Concreto de alto desempenho no estado do Pará: Estudo de viabilidade técnica e econômica de produção de concreto de alto desempenho com os materiais disponíveis em Belém através do emprego de adições de sílica ativa e metacaulim. Porto Alegre, 188 p., 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BARBOSA, F.R.; CARVALHO, J.R.; COSTA e SILVA A.J.; FRANCO, A.P.G.; MOTA, J.M.F. Corrosão de armadura em estrutura de concreto armado devido ao ataque de íons cloreto. 54º Congresso Brasileiro de Concreto. Maceió, 2012.

BARROS, T. C. M. F. Análise da resistência mecânica de concretos produzidos com adição de metacaulim e sílica ativa em comparação ao concreto convencional. Recife, 69 p., 2015. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Católica de Pernambuco.

CADORE, W. W. Estudo da carbonatação da camada de cobrimento de protótipos de concreto com altos teores de adições minerais e cal hidratada. Santa Maria, 150 p., 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Maria.

CARVALHO, M.B.M. Impactos e conflitos da produção de cimento no Distrito Federal. Brasília, 162 p., 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.

CIMENTO ITAMBÉ. Concreto com cimento Portland: o segundo material mais consumido do mundo. Disponível em: < http://www.cimentoitambe.com.br/wp-content/uploads/2012/12/Palestra_Itambe_Concreto.pdf>. Acesso em: 10 de abril 2016.

CUNHA, A.C.Q.; HELENE, P.R.L. Despassivação das Armaduras de Concreto por Ação da Carbonatação. São Paulo, 2001. 100p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

GEMELLI, E. Corrosão de Materiais Metálicos e sua Caracterização. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

HELENE, P.R.L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. São Paulo, 1993. Tese de Livro Docência - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ISAIA, G.C Efeitos de misturas binárias e ternárias de pozolanas em concreto de elevado desempenho: um estudo de durabilidade com vistas à corrosão da armadura. São Paulo, 1995. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

_____. Carbonatação de concreto: uma revisão. Santa Maria, 1999. Departamento de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria.

KIHARA, Y.; VISEDO, G. A indústria do cimento e o desenvolvimento do Brasil. Associação Brasileira de Cimento Portland, 2014. Disponivel em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/a-industria-do-cimento-e-o-desenvolvimento-do-brasil>. Acesso em: 02 Abr 2016.

MEHTA. P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Estrutura, propriedades e materiais. 2ª ed. São Paulo: Ed. Ibracon, 2014.

MONTEIRO, E.C.B. Estudo da capacidade de proteção de alguns tipos de cimentos nacionais, em relação à corrosão de armaduras sob a ação conjunta de CO_2 e íons cloretos. Brasília, 165 p., 1996. Dissertação (Mestrado em estruturas) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. 2ª Edição. Porto Alegre: Ed. Pini, 1997. 828 p.

NT BUILD 492. Concrete, mortar and cement-based repair materials: chloride migration coeficiente from non-steady-state migratoin experimets. Nordtest. Finlândia, 1990-11.

POMPIANI, R.; TARTUCE, E. A sílica ativa e a sua contribuição para sustentabilidade. Soluções Tecnosil. São Paulo, 2011.

RILEM RECOMMENDATIONS. CPC-18 Measurement of hardened concrete carbonation depth. 1988. p. 453-455.

SINDICATA NACIONAL DA INDUSTRIA DO CIMENTO. Relatório anual 2013. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013final.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2016.
UNI 7928. Determination of chloride ion penetration. Italian Standard 7928. Roma. 1978.

482. OPÇÃO POR PRODUTOS LEVES: USO DO PAPELÃO ONDULADO NO DESIGN DE MOBILIÁRIO

FAGUNDES, Hilton A. V.[1](Hilton.arquiteto@gmail.com); PIZZATO, Gabriela Z.*[2] *(gabriela.zubaran@ufrgs.com); JACQUES, Jocelise J.*[3](jocelise.jacques@ufrgs.br); KINDLEIN Jr., Wilson.*[4](kindlein@gmail.com)*
[1]Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PGDesign (UFRGS), Brasil
[2]Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PGDesign (UFRGS), Brasil
[3]Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PGDesign(UFRGS), Brasil
[4]Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PGDesign (UFRGS), (UFRGS), Brasil

RESUMO
Diante de um contexto no qual o avanço tecnológico está associado ao aumento da velocidade de produção, além do necessário, a resposta do Planeta acontece pela diminuição dos recursos naturais que afetam a sustentabilidade do sistema. A natureza não pode oferecer mais a um consumo crescente, pois suas fontes são limitadas. A metodologia para este estudo é a pesquisa exploratória que investiga o material papelão ondulado, oriundo de matéria-prima renovável e que é também apto a processos de reciclagem dos resíduos de aparas de papel. Dada a capacidade do papelão ondulado em sustentar cargas associada a sua leveza, incrementada pelo equacionamento da relação material/forma, buscou-se identificar soluções para a o design de móveis, em substituição àquelas obtidas com materiais convencionais. Esta metodologia considerou alguns fatores que influem o design de mobiliário, o processo de produção, a classificação de suas técnicas construtivas (cortes, vincos, encaixes ou colagem e grampeamento) e suas aplicações de uso em função da sua sustentabilidade. A produção de mobiliário a partir de um material leve, reciclável, de baixo impacto ao meio-ambiente mostra-se como alternativa viável, uma vez que apenas alguns poucos materiais permitem a construção de pertences de uso muito estáveis com pouca massa. O mobiliário produzido com papelão ondulado é realizado com princípios fáceis de recortes, dobras e encaixes, com baixo consumo de energia na sua produção e que o habilitam para sua desmontagem.
Palavras-chave: mobiliário leve, papelão ondulado, materiais sustentáveis, reciclagem

THE OPTION FOR LIGHT PRODUCTS: USE OF CORRUGATED CARDBOARD IN DESIGN OF FURNITURE

ABSTRACT
Diante de In the face of a context in which the technological advancement is associated with the increased production speed, beyond what is necessary, the response of the planet happens by the decrease of natural resources that affect the sustainability of the system. The nature cannot offer more to a growing consumption, because their sources are limited. The methodology for this study is exploratory research that investigates the material corrugated board, come from renewable raw material and which is also able to processes of recycling of waste scrap of paper. Given the ability of corrugated board to sustain loads associated with its lightness, incremented by the understanding of the relationship material/form, we sought to identify solutions to the design of furniture, replacing those obtained with conventional materials. This methodology considers some factors that influence the design of furniture, the production process, the classification of their building techniques (cuts, creases, fittings or gluing and stapling) and its applications to use in function of its sustainability. The production of furniture from a light material, recyclable, low impact to the environment shows itself

as a viable alternative, since only a few materials allow the construction of belongings to use very stable so little mass. The furniture produced with corrugated cardboard can be accomplished with easy principles of cutouts, folds and grooves, with low energy consumption in its production and giving the power to its removal.
Keywords: lightweight furniture, corrugated cardboard, sustainable materials, recycling

1. INTRODUÇÃO

Ampliar as possibilidades da oferta de materiais para a produção de mobiliário, tendo em vista um design ecológico considerando as questões do emprego de materiais reciclados, que não sejam contaminantes e ao mesmo tempo sejam leves. A escolha de materiais que preservem o meio-ambiente ou que prolonguem a vida útil de materiais através da sua reciclagem empregados no design de mobiliário, em uma abordagem ecológica, pode apresentar-se como solução alternativa ao sistema convencional de produção de móveis. O papelão ondulado, com tais características, poderá ser empregado para o design e produção de mobiliário podendo substituir, com igual e até mesmo com vantagens em relação aos materiais convencionais empregados na sua fabricação.

1.1 Contexto histórico do papelão ondulado

Historicamente o emprego do papelão está associado à produção de embalagens para o transporte e armazenagem. Conforme ABPO (2016) foi a partir do século XIV, com o surgimento da produção em maior escala que surgiu a necessidade de empacotar e proteger objetos para que fossem transportados e que ao mesmo tempo não resultasse em grandes volumes e em aumento de peso. Inicialmente a solução para esta questão centrou-se no uso do papel, especialmente do papel de maior gramatura sem um resultado eficiente na proteção contra choques, requisito importante ao transporte de mercadorias.

Somente em meados do século XIX surge a solução que aliava ao mesmo tempo proteção e leveza. Uma invenção denominada “ondulador de ferro”, de idealizador desconhecido, passou a ter aplicação em pedaços de papel produzindo um novo material, ainda que sem aplicação definida. Este papel ondulado era fabricado a partir de pequenas folhas passadas entre um par de rolos de metal, dentado, que eram acionados manualmente.

As primeiras experiências não mostravam a característica estrutural deste material, mas sim sua capacidade em absorver choques sem danificar o conteúdo. Foi no final do século XIX que foi experimentada a colagem de folhas de papel em ambos os lados da folha ondulada. Esta colagem, em uma espécie de sanduíche, fez com que os arcos se mantivessem na posição somando suas resistências formando através das ondas enrijecidas, colunas cuja estrutura básica era capaz de resistir a grandes cargas.

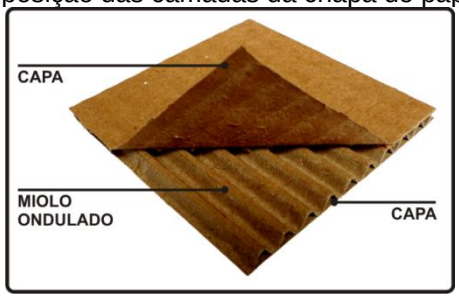
A Revolução Industrial que provocou mudança na escala de produção, no período de expansão para além das fronteiras iniciais, aproveitou-se deste material para o transporte de todo o tipo de mercadoria que necessitavam do envio a distâncias cada vez maiores; o papel ondulado passou apresentar-se com um material ideal para proteção com boa resistência, além da leveza inerente.

No século XX, o papelão ondulado firmou-se como um material muito importante para o transporte, armazenagem e exposição de produtos. Com inovações em tecnologia, gramaturas, design e conformação, impressão e acabamento de alta qualidade, as embalagens de papelão ondulado expandem suas fronteiras caracterizando os pontos de vendas, como embalagens primárias sustentáveis. A razão para o sucesso e disseminação do papelão ondulado, especialmente para a embalagem de produtos, situa-se na relação resistência versus peso.

1.2 Composição do Papelão ondulado

A matéria-prima para a produção do papelão ondulado provém, em sua grande parte de florestas plantadas, cujo material básico é a celulose. Formalmente, conforme mostra a Figura 1, a composição por camadas, elementos ondulados no seu miolo que estão associados a elementos planos que são suas capas externas, constituídos de uma ou mais camadas.

Figura 1. Composição das camadas da chapa de papelão ondulado



Fonte: dos autores.

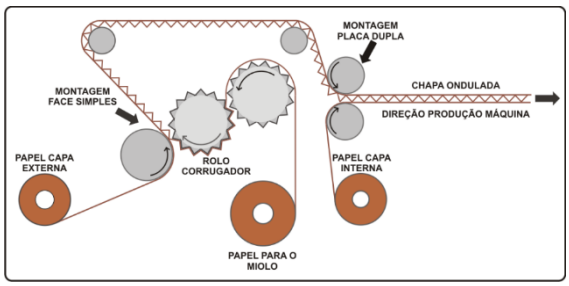
A capa é o elemento plano do papelão ondulado, pode ser colocada, em relação à chapa, de forma externa, intermediária ou interna. O miolo é o elemento ondulado do papelão e localiza-se no intermédio das capas. (ABPO, 2016).

1.3 Processo de fabricação do papelão ondulado

O processo de fabricação do papelão ondulado é obtido a partir de uma máquina denominada onduladeira, encarregada de realizar a ondulação da folha do papel que será colocada no miolo do papelão, tais ondas são produzidas de acordo com o perfil do cilindro ondulador, representadas esquematicamente na Figura 2.

Após a produção das chapas de papelão as mesmas devem passar por outros processos de conformação e tratamento em função seu uso ou destino, ou seja, para que o papelão ondulado venha a ser transformado em objetos, na maior parte caixas ou acessórios, ele deve passar por processos em diferentes equipamentos tais como: impressoras, máquinas de vincos, máquinas de corte (planas ou rotativas), coladeiras, grampeadeiras e divisórias.

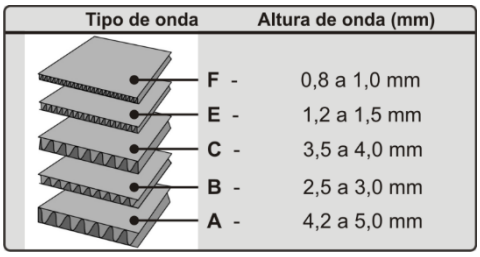
Figura 2. Diagrama esquemático da fabricação do papelão ondulado



Fonte: Nordstrand (2003) - adaptado pelos autores.

Os principais tipos de ondulação interna das chapas são classificados pelas letras ***"A","C","B" e "E",*** conforme a Figura 3. A opção por um tipo ou outro de ondulação depende dos requisitos técnicos especificados, conforme a aplicação e uso do papelão ondulado

Figura 3. Tipos de onda e Altura do papelão ondulado



Fonte: Santos et al. (2006) – adaptado pelos autores.

1.4 Estrutura do papelão ondulado

O papelão ondulado é uma estrutura formada por um ou mais elementos ondulados, chamados de "miolo", fixados a um ou mais elementos planos, chamados de "capa", por meio de adesivo aplicado no topo das ondas. Os elementos da chapa de papelão ondulado são conhecidos como capas (elementos planos) e miolo (elemento ondulado). A classificação dos tipos de chapas de papelão acontece conforme o número de capas e miolos utilizados na estrutura do papelão ondulado, sendo:

- face simples: estrutura formada por elemento ondulado (miolo) colado a um elemento plano (capa);
- parede simples: estrutura formada por um elemento ondulado (miolo) colado, em ambos os lados, a elementos planos (capas);
- parede dupla: estrutura formada por três elementos planos (capas) coladas a dois elementos ondulados (miolos), intercalados;
- parede tripla: estrutura formada por quatro elementos planos (capas) colados em três elementos ondulados (miolos), intercalados;
- parede múltipla: estrutura formada por cinco ou mais elementos planos (capas) colados a quatro ou mais elementos ondulados (miolos), intercalados.

2. O PAPELÃO ONDULADO E A SUSTENTABILIDADE

O papelão ondulado é produzido a partir da celulose oriunda de fontes de matéria-prima de origem renovável e, desta forma, causam baixo impacto ambiental em seu ciclo de vida. É um material largamente empregado em embalagens, pois mantém a funcionalidade e a economia do produto por ela embalado. Segundo a ABPO (2016), este ciclo de vida constitui uma cadeia fechada, na qual a embalagem usada é reciclada e novamente empregada na fabricação de novas embalagens.

2.1 O processo de reciclagem do papelão ondulado

A reciclagem do papel é bastante antiga. Estima-se que já nos anos 105 d.C. já se utilizava o papel reciclado em produtos de qualidade menos refinada. Á medida em que o pensamento crítico a respeito do ciclo de vida dos produtos aumentou, também aumentou o interesse do homem pela reciclagem. Atualmente esta demanda tem resultado na produção de equipamentos dedicados e específicos ao processo de reciclagem do papel e, de maneira especial, do papelão ondulado.

O processo de reciclagem, conforme CEMPRE (2013), apresenta etapas sequenciais:

- coleta: o papelão recolhido é levado para a triagem;
- classificação e enfardamento: o papelão é separado de outros produtos de papel e, enfardado;
- *hidrapulper*: o papelão é misturado com água, até a obter consistência correta da polpa;
- limpeza: contaminantes, tais como plásticos, fios, metais e sujeira sejam removidos;
- dispersão: a celulose atravessa tubos isolados que derretem qualquer cera ou adesivos;
- limpeza e triagem: processo de limpeza final oriundo do movimento da celulose;
- prensagem: através de rolos, a pasta é prensada através de rolos para fazer as folhas;
- secagem: as folhas são passadas através de uma série de rolos quentes até a secagem definitiva;
- formação dos rolos de papel: o papel é enrolado em um carretel e dimensionado para a expedição, para seu posterior reprocessamento.

O papelão ondulado possui vantagens em relação a outros materiais no que tange à reciclagem: de fácil coleta em grandes volumes comerciais e fácil identificação quando misturados com outros tipos de papeis, o que resulta em um processamento com custo relativamente baixo, menor consumo de água e energia em reação à celulose virgem. Outros fatores comparativos estão apresentados na Figura 4, a seguir.

Figura 4. Fatores para a produção de papel ondulado a partir de: papel reciclado X pasta de celulose

FATOR	PAPEL RECICLADO	PASTA DE CELULOSE
consumo de madeira	1. ton. de aparas = 2 a 3 m3/madeira (15 a 20 árvores)	consumo de florestas plantadas
consumo de água	1 ton. de papel = 2.000 litros água	1 ton. de papel = 100.000 lit. água
economia de energia	consumo: 50 a 80 % menos energia	consumo: até 80% mais energia
impacto ambiental	cuidados no controle: triagem e sobras	química pesada trat. de resíduos complexa
geração de empregos	gera 5 vezes mais empregos	mec. industrial gera até 5 vezes menos empregos

Fonte: dos autores (dados adaptados de CEMPRE, 2013).

Papel e papelão, presentes em grande quantidade no lixo urbano, são frequentemente descartados por estarem sujos de resíduos ou contaminados. Isto pode incluir revestimentos de ceras, gorduras, graxas, óleos, tintas, plásticos, alimentos, resíduos de metal, fixadores, grampos e pregos. Este papelão contaminado pode afetar o funcionamento de máquinas resultando em um papel de má qualidade. Um papelão com estes ou outros materiais contaminantes, não é reciclável e deve ser descartado, aumentando os custos ou se negligenciado aumentado o risco do equipamento de processamento.

O papelão ondulado reciclado poderá se prestar a produção de novos produtos de forma parcial ou total, tais como: novas caixas (caixas de cereais, caixas de sabão em pó, caixas para presentes, caixas de papelão, caixas ou miolo para rolos de tecido e semelhantes), capas para as placas de gesso acartonado, feltros (uso domiciliar para renovação e construção), papel kraft (para embalagens e envoltórios), tubos de papelão (plásticos ou outros papéis), placas de núcleos (empregados por fabricantes de toalhas de tecido e papel de embrulho ou acondicionamento) e, mais recentemente, como solução para aumento do ciclo de vida do produto: no emprego do mobiliário.

3. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi analisar o emprego do papelão ondulado como material para a produção de mobiliário em alternativa a materiais convencionais. A forma do emprego deste material, visando identificar os princípios relacionados à produção que considere a reciclabilidade do material, os sistemas construtivos em função da leveza e relacionados aos aspectos da sustentabilidade.

4. METODOLOGIA

A metodologia para este estudo é a pesquisa exploratória através da revisão de literatura referente ao material papelão ondulado e a produção de mobiliário em geral. Foram estabelecidas três etapas para os procedimentos metodológicos. Em uma primeira etapa, buscou-se, através do levantamento bibliográfico e pequenos experimentos, caracterizar este material. Em uma segunda etapa, através de levantamento bibliográfico, foi o de identificar suas formas de aplicação no mobiliário associadas às soluções adequadas considerando os aspectos sustentáveis do material, em especial, aquele relacionado à leveza do material e sua relação com a resistência. Em uma terceira etapa, a análise destas informações e a discussão dos resultados focando nas propriedades desta matéria-prima. Buscou-se relacionar o material com os aspectos da produção de mobiliário identificando soluções para a o design de móveis, o processo de produção, a classificação de suas técnicas construtivas, (cortes, vincos, encaixes ou colagem e grampeamento), associadas ao binômio resistência e leveza e, por conseguinte, seu uso em função da sua sustentabilidade.

5. EMPREGO DO PAPELÃO ONDULADO NA PRODUÇÃO DE MÓVEIS: HISTÓRICO

O papel não só torna o uso de material econômico, leve e reaproveitável, mas também é uma ferramenta eficaz para os designers desenvolverem e criarem novas formas. O material papelão ondulado é capaz de responder as possibilidades de produção em escala industrial pois possui facilidades de corte, dobra, colagem e conexões, importantes alternativas a disposição do designer de mobiliário. Por outro lado em que pese este material poder perder algumas de suas possibilidades após certo tempo ele pode ser reciclado ou mesmo descartado pois é de fácil degradabilidade.
A história da produção de móveis de papelão pode-se afirmar que se inicia na década de 60 do século XX. Neste período cujo design teve associação com o movimento arte pop, este material surgiu com uma boa alternativa ainda que estes produtos estivem ainda associado à ideia do

descartável. No ano de 1963 o designer Peter Murdoch produziu um primeiro móvel empregando o papelão, uma cadeira para criança em papel laminado revestido com polietileno e impresso com manchas o qual referendava a arte pop. Era uma peça de papel de baixo custo, de boa duração, que era vendida em supermercados e lojas de departamentos para serem montadas em casa de maneira simples dobrando ao longo de linhas pré vincadas. Apesar do sucesso desta e de uma outra serie lançada em 1967, com uma venda acima de 70.000 peças, dos prêmios recebidos e do potencial de produção em massa ela nunca foi completamente realizada como produção em série, uma ideia associada ao movimento da arte pop projetados para o descarte, cujos exemplos que sobreviveram a este período são bastante pequenos.
Esta cadeira, denominada *Spooty Chair*, (Figura 5), foi, inicialmente concebido para crianças pelo fato de ser um material leve para transportar e não dependia de grande estrutura.

Figura 5. A cadeira infantil Spooty Chair, Peter Murdoch, 1963



Fonte: FIELL; FIEL (2001) e http://rafa-kids.blogspot.com.br/2012/08/flux-and-spotty-chair.html.

A popularidade de papelão iniciada na década de 60 com a cadeira Murdoch, teve em Frank Gehry que ao final da década desta década realizou os primeiros experimentos empregando o papelão corrugado no design de móveis. Em 1969, o arquiteto criou as poltronas *Easy Edges*, feitas em papelão ondulado através da colagem de volumes pré-determinados do material. Ribeiro (2000) afirma que o arquiteto Frank Gehry começou a utilizar o papelão ondulado, no final da década de 60, como matéria-prima para elaboração de móveis e em 1972 lançou industrialmente a linha de móveis, também chamada *Easy Edges*, produzidas pela fábrica de móveis Vitra, (Figura 06), exploraram as características estruturais e estéticas do material, os quais chamava a atenção por suas formas curvas e pelo material utilizado.

Figura 6. móveis em papelão ondulado desenhados por Frank Gehry. (a) *Wiggly Chair* da linha *Easy Edges* e (b) *Stripe Beaver armchair* da linha *Experimental Edges*

(a)  (b) 

Fonte: Vitra (2016).

Conforme Ribeiro (2000), explorando um produto comum, produzido industrialmente, Gehry obteve móveis leves, robustos e macios. O grande sucesso alcançado por essas peças, vendidas a preço baixo, fez com que Gehry desativasse a produção apenas três meses depois do lançamento. Ele temia que a dedicação ao desenho de móveis viesse a comprometer sua carreira como arquiteto. Cerca de quinze anos depois, Gehry voltou a desenhar móveis de papelão. A linha *Experimental Edges* foi concebida mais tarde, para explorar novas qualidades do papelão e sua força expressiva.

A série mereceu uma edição limitada, vendida por altos preços em galerias de arte com textura e linguagem formal própria.
A linha, que ainda é fabricada e vendida pela fábrica de móveis Vitra, muitas das peças são produzidas empregado parafusos ocultos para unir as camadas de papelão e material fibroso que lhe dão maior resistência como a *Wiggle Chair*, que ganhou muitos prêmios de design e foi incluído no museu mostra a do London Design Museum e em outros lugares, contém 60 camadas de papelão ondulado.
A partir da produção destes móveis designers passaram a dar maior atenção a este material, tornando-se uma alternativa para a produção industrial. Estes móveis, inicialmente, adotavam para sua conformação a colagem multicamadas e o sistema de recortes, dobras e encaixes, com ou sem revestimentos e, por último, o emprego de conectores facilitando a montagem e eliminam os adesivos.
Um bom exemplo da grande variação de soluções na produção mais recente de móveis de papelão e sua versatilidade de soluções é a poltrona concebida pelo coletivo de artistas e designers baseado em Torino, na Itália, denominado Nucleo, desenvolveu uma poltrona denominada "*Terra grass armchair*"**,** Figura 7, a ideia propõe que o usuário deste *kit* **"**plante" seus móveis diretamente no jardim. O conceito parte da criação de uma estrutura formada por placas de papelão ondulado encaixadas uma na outra, as quais formam uma espécie de esqueleto, que deverá ser preenchido com substrato de terra com o posterior plantio de grama por sobre sua superfície que conforma a geometria de uma poltrona. A grama tem um rápido crescimento e suas raízes realizam a contenção e estruturação do solo uma vez que o material papelão ondulado é reciclável e, com o passar do tempo e a atuação umidade, se decomporá naturalmente, não deixando qualquer resíduo e produzindo um mobiliário interessante para áreas abertas.

Figura 7. Terra *grass armchair* (poltrona terra). Autor: Nucleo (A. Sanna e P. Robino), 2000



Fonte: http://www.hypeness.com.br (adaptado pelos autores).

Identificar como uma solução sustentável na produção de móveis incluindo fatores que podem referenciar ainda mais isto é também a solução adotada para a cadeira infantil "FIY" (*Finish It Yourself*), Figura 08, a seguir, a qual a embalagem já é parte da própria cadeira onde recortes pré definidos, facilitam a sua posterior montagem contando com a participação fácil do usuário em um conjunto que traz leveza associada aos encaixes que dão resistência a peça.

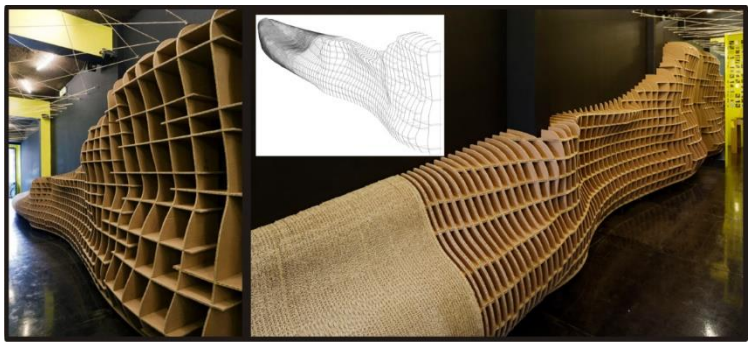
Figura 8. Cadeira infantil FIY (*Finish Your Self Chair*). Autor: David Graas (2007)



Fonte: http://www.davidgraas.com/finish-it-yourself#1.

Esta cadeira infantil desenhada por David Grass é um produto da linha monte você mesmo, ou seja, uma derivação da linha faça você mesmo. O *kit* é composto por duas partes da cadeira cuja maior parte são pré-cortadas na embalagem da cadeira. O usuário realiza o recorte das partes que ainda estão presas na embalagem (o corte do perfil da cadeira sobre a caixa é um manual de montagem em si mesmo) e depois montará com as demais partes que se encontram dentro da caixa. Além de empregar a própria embalagem, resultando em um desperdício menor torna-se mais interativo construir sua própria cadeira. Esta cadeira que foi nomeada para o Dutch Design Awards é uma forma criativa de dispor um móvel produzido com 100% de papelão reciclado.
A evolução mais recente da produção do mobiliário em papelão ondulado, tem também aproveitado o emprego de sistemas de computador CAD/CAM o qual permite formas mais diversas envolvendo soluções que aliem resistência e leveza com padrões estéticos contemporâneos. Além de gerar formas complexas o recorte por CNC permite maior precisão garantindo melhores encaixes, uma boa resistência ao móvel e o melhor aproveitamento das chapas de papel. Exemplo disto é o móvel projetado pelo arquiteto Pedro Campos da Costa (Figura 9) que desenvolveu uma espécie de prateleira mutante destinada a uma loja comercial.

Figura 9. Móvel para espaço comercial LOW de autoria de Pedro Campos Costa



Fonte: http://zainteriora.net/2010/09/20/bar%E2%80%93shop-in-lisbon/ (adaptado pelos autores)

O conceito adotado para este móvel está dentro dos princípios de sustentabilidade: reduzir, reutilizar e reciclar. O ponto referencial principal deste espaço é um móvel produzido em papelão ondulado reciclado, o qual foi montado, sem qualquer colagem, ao longo de uma parede.

Este móvel assume múltiplas funções, desde banco para clientes até estante que suporta os serviços do espaço comercial. Sua forma orgânica está relacionada à sua funcionalidade, possui metamorfoses que ocorrem ao longo do seu comprimento, realizadas em acordo com altura necessária, apresentando ritmo e espaçamento das placas de papelão ondulado dão forma, resistência e melhor aproveitamento das chapas.

Nestas duas últimas décadas a aplicação do papelão ondulado como material de design tem sido mais frequente nos países desenvolvidos com a produção de uma crescente gama de produtos que exploram as características estruturais, estéticas e ambientais do papelão ondulado.

A característica de leveza associada à resistência do papelão são os principais atributos que promovem tal emprego, no entanto, outros atributos, tais como, a facilidade de execução de encaixes e o potencial de compacidade do produto final, serve como estímulo a tal produção.

6. LEVEZA: O PAPELÃO ONDULADO COMO MATERIAL LEVE PARA MÓVEIS

Conforme Maluf (2013) investigar a ideia de leveza no campo do design pode resultar em dois aspectos: o qualitativo ‘leve’, que se aplica a aspectos físicos objetivos sobre a matéria, mas também pode adquirir sentido subjetivo (algo simples), e essa dualidade vem ao encontro da própria tensão que existe tradicionalmente no design entre sentidos subjetivos de coisas objetivas.

Por outro lado, Manzini (1993), ao referir-se em objeto leve, afirma que deve levar-se em conta uma das categorias a qual deverá estar associada: falar do ‘objeto leve’, pressupõe categorias:

- a dos objetos cuja leveza é um desempenho primário e em torno da qual se organiza uma grande parte da sua produção;
- a dos objetos que se tornam mais leves como efeito secundário das vantagens econômicas proporcionadas por tecnologia mais evolutiva;
- a dos objetos que se tornam de fato mais leves, embora não o mostrem, visto que existe um código linguístico que exige uma imagem de peso.

Para este estudo a leveza é abordada do ponto de vista material, ou seja, dos aspectos físicos do material como a densidade e a gravidade, considerando o papelão ondulado em relação aos materiais típicos para a produção de móveis. Um atributo importante a ser considerado é o da leveza como propriedade contextual do objeto. O objeto assume características cuja leveza possa ser entendida como sua identidade considerando aspectos formais, visuais e estruturais, além do aspecto material.

Considerando que o material investigado para a produção de mobiliário é leve, o papelão ondulado traz per si relação direta com a leveza dos próprios objetos que gera. No entanto, conforme Beukers e Hinte (2001) apud Maluf (2013), fazer as coisas leves não é só uma questão de escolher materiais leves, pois além da escolha dos materiais, construções precisam ser eficientes para serem leves.

Outros aspectos contornam a leveza física do objeto de design, especialmente a relação entre forma, material e processo, uma vez que todo o artefato é resultado de um processo que transforma o material em forma. Objetos mais leves não são necessariamente, feitos dos materiais mais leves. Contribuindo com isto Manzini (1993) investiga os princípios estruturais da leveza na escala do objeto, da superfície do material e na sua escala molecular. Fazer objetos leves é uma questão de pensar na estrutura, a relação material/forma. O emprego de vincos, como por exemplo, em uma folha de papel que, ao ser vincada, transforma-se de um objeto flexível em uma estrutura dotada de certa rigidez; o material não sofre qualquer alteração qualitativa ou quantitativa, mas a rigidez é obtida pela alteração da forma.

A redução do consumo de material para a produção de objetos diante de um quadro de esgotamento das fontes de recursos naturais tem na leveza dos objetos uma forma de identificar os fluxos de consumo de material, energia e da geração de resíduos. Neste sentido Beuker e Hinte (1999), conduzem a ideia do peso como problema e a leveza como desafio para uma economia sustentável. Se as estruturas e os produtos são leves, empregam significativamente menos energia, garantindo o desempenho mais útil, redução na queima, da infraestrutura – não apenas estradas, mas também infraestruturas de energia e água.
Propor um material leve como o papelão ondulado para a produção de móveis em substituição a materiais de maior peso ou densidade, tais como a madeira e seus derivados além dos metálicos ou plásticos, é solução que busca a leveza do produto e, per si, de menor impacto ambiental. Assim como a escolha do processo produtivo e as soluções formais que possam obter o máximo da relação leveza e resistência, aproveitando-se dos recursos das soluções de design e tecnologia.

6.1 A produção de móveis em papelão ondulado: critérios construtivos em função da leveza e reciclabilidade do material

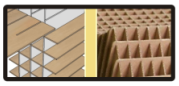
O consumo crescente e contínuo de materias-primas para produção de objetos encontra o limite naquilo que a natureza pode oferecer cujas fontes são limitadas, ainda que possam ser renováveis. Este é o caso, por exemplo, do mobiliário que tem um grande percentual associado a matriz madeireira.
A escolha de materiais amigáveis ao meio-ambiente ou que prolonguem a vida útil de materiais através da sua reciclagem empregados no design de mobiliário, em uma abordagem ecológica, pode apresentar-se como solução alternativa ao sistema convencional para a produção de móveis. Para a produção do móvel empregando o papelão ondulado, além do critérios técnicos do materia: espessura, diferentes tipos de onda, números de camadas e correspondente resistência adequada ao carregamento e rigidez ao esmagamento, há que se considerar outros fatores.
Um destes fatores são os métodos comumente utilizados para a construção de móveis empregando papelão ondulado, os quais podem ser classificados em quatro sistemas:

a – sistema de vinco, dobra e encaixe: neste método a folha de papelão (realizado a partir de uma folha) é vincada, dobrada em três dimensões gerando a forma através de ranhuras encaixada por guias ou recortes, demandando o mínimo de cola, fitas ou grampos: fixação nos pontos de maior exigência estrutural;
b – sistema em multilâminas coladas ou fixadas mecanicamente: as lâminas de papel sao cortados (laser, guilhotinas ou mesmo estiletes) em camadas menores do que a definitiva. Estas lâminas são fixadas uma as outras através de cola adesiva e/ou algum artifício mecânico (barras rosqueadas, grampos, ...). Poderão ainda receber camadas ou capas externas em um outro material para que melhore a rigidez (MDF, compensado ou papelão). Podem ser produzidos a partir de um conjunto de laminações em uma mesma seção, de várias seções ou ainda estas poderão variar em todo o objeto sendo feitas individualmente a partir de seções laminadas e após montadas.
c – sistema de encaixes cruzados: neste caso as lâminas de papelão ondulado são cortadas a partir de uma folha de papelão (laser ou guilhotina/faca) e montados em uma malha tipo grelha tridimensional. O corte nas espessuras do papelão ondulado, que lhe dará a resistência, associa as placas uma nas outras com os encaixes em cruzamentos de grade.
Os componentes interligam-se em uma rede tridimensional: estrutura de rede aberta ou cobertas por uma capa de papel rígido, podendo receber ou não pintura;

d – sistema corte e dobras de chapas com fixação mecânica: consiste em unir as chapas de papelão empregando sistemas de fixação produzidos especificamente para uma determinada função de fixação, fechamento, articulação ou ligação.

Estes elementos são de outros materiais como polímeros ou metálicos e visam facilitar a montagem e desmontagem ao mesmo tempo que contribuem para a rigidez e resistência.
Os quatro métodos descritos, sintetizados na Figura 10, servem para definir o sistema o qual dará a produção do móvel obtendo a forma resistente e rígida do mesmo, a partir da melhora da relação entre material versus resistência considerando, para o móvel, as soluções de leveza.
Dos sistemas de construção e montagem do móvel de papelão aquele que se mostra com maior pontuação nos ítens levantados é o sistema de vinco/dobra e encaixe tendo apenas limitações na liberdade de formas.

Figura 10. Sistema de montagem/construção e suas relações com: facilidade de montagem, facilidade de reciclagem, liberdade formal e leveza (peso versus resistência)

sistema de montagem/construção		facilidade montagem	facilidade reciclagem	liberdade formal	leveza peso x resist.
	vinco/dobra - encaixe	+ + +	+ + +	+	+ + +
	multilâminas coladas/ aparafusadas	-	-	+ + +	-
	encaixes cruzados - grelha 3D	+	+ +	+ +	+
	dobra/encaixe fixação mecânica	+ +	+	+	+ +

(-) regular (+ +) bom (+ + +) muito bom

Fonte: dos autores.

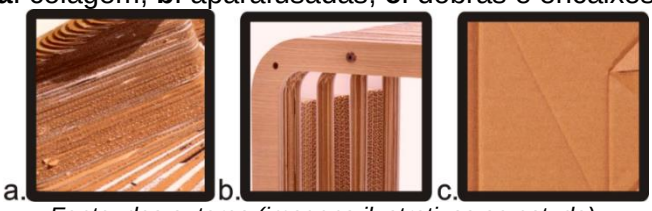
Por seu lado o sistema de multilâminas ainda que possa produzir soluções de liberdade formal e de grande resistência são afetados por ser um móvel mais pesado, de dificil reciclagem em função do uso de colas adesivas e tem dificuldade na montagem uma vez que terá que ser execuado lámina a lâmina. O sistema de encaixe cruzado em grelha e de dobra e encaixe com fixação mecânica possuem apresentam soluções intermediária alternando-se em todos os ítens.
Outro fator importante para ser considerado na produção do móvel são os métodos de conexões/ligações entre as chapas. Tais métodos podem ser divididos em três, quais sejam:

a – conexões por colagem: elementos ou placas de papelão são unidos por cola adesiva (PVA ou epóxi); estas conexões coladas devem suportar as cargas de compressão direta ou cisalhamento ao longo dos elementos colados. O cuidado para com o emprego de adesivos a base de água pois o adesivo tende a penetrar no papelão amolecendo a região onde ele se difunde influenciando na perda da sua forma original, após a secagem a deformação poderá ser permanente podendo trazer consequências estéticas e estruturais;
b – conexões aparafusadas: as ligações/conexões são feitas através de parafusos unindo as partes do móvel. Como os pontos onde se encontram os parafusos tendem a concentrar tensões em uma área bastante reduzida estas ligações devem ser melhoradas através do aumento do

diâmetro dos parafusos e/ou do emprego de arruelas em dimensões maiores ou materiais que possam cumprir tal função.
c – conexões por dobras e encaixes: as ligações são feitas mecanicamente através de encaixes em recortes nas peças e folhas de encaixe para que os elementos possam estar associados. Terá que ser atenção para que tais recortes não venham a conduzir os esforços gerando ruptura e que as dobras garantam a precisão do encaixe.

Os sistemas de conexões/ligações, Figura 11, são fator importante na produção do móvel de papelão pois podem determinar tanto o consumo de material, a resistência, as formas de produção e montagem e a reciclabilidade. A facilidade de montagem e a durabilidade também podem ser afetados por estas.

Figura 11. Sistema de conexões (ligações) usuais para mobiliário empregando papelão ondulado: **a**. colagem; **b**. aparafusadas; **c**. dobras e encaixes



Fonte: dos autores (imagens ilustrativas ao estudo).

O eco-design ou desenho para o ambiente adiciona o seu produto e serviço projetando sistematicamente a abordagem de ciclo de vida, concepção ecológica como uma ação de design que liga as novas possibilidades aceitas social, culturalmente e tecnicamente possíveis para as necessidades ambientais.
Considerando os fatores apontados pela CEMPRE (2013) foi possível adequar tais fatores para que o móvel produzido a partir do papelão ondulado atenda melhor aos requisitos de sustentabilidade, considrando o seguinte:

a – adequação do ciclo de vida: aumentar a vida útil do material papelão ondulado considerando a característica higroscópica deste material e sua adequada proteção pois a umidade poderá comprometer o desempenho estrutural incidindo em ciclos de vida mais curto em seu uso;
b – potencializar o fator leveza do material: o papelão pode reduzir significativamente os pesos e os volumes transportados, melhorando e aumentando a velocidade da montagem e desmontagem dos mesmos e reduzindo os volumes e quantitativos de transportes;
c – potencializar o fator compacidade: emprego adequado de cortes e vincos, a partir de fatores de projeto, e das tecnologias de corte e dobra de forma a reduzir o volume sem comprometer o desempenho estrutural;
d – adequar o tipo de papelão e o sentido das ondas ao projeto: o emprego correto da orientação (sentido) das ondas resulta em uma adequada resistência do móvel e, per si, segurança estrutural. Evitar amassamentos e desgaste precoce do material melhorando o ciclo de vida do produto;
e – emprego de pintura que não comprometa a reciclagem: as superfícies poderão receber camadas de pintura ou mesmo servirem de suporte para *merchandising* desde que os pigmentos não inviabilizem futuras reciclagem do material;
f – design visando a facilidade montagem e desmontagem: um dos requisitos do design sustentável é a possibilidade do envolvimento da mão-de-obra local. Os objetos de papelão não

requerem grande especialidade na sua montagem desde que estejam presentes os princípios do design da informações possibilitando a montagem intuitiva;
g – projetar o móvel pensando na sua posterior reciclagem: evitar o emprego de soluções ou materiais que impossibilitem ou dificultem a sua reciclagem, tais como: ceras, impermeabilizantes, vernizes e colas insolúveis, grampos e fitas ou outros materiais;
h – projetar embalagens que possam ser incorporadas ao móvel: os próprios produtos a base do papelão ondulado poderão ser desenvolvidos de maneira a incorporar embalagens ou partes destas na sua estrutura diminuindo assim o descarte de material.

A produção do mobiliário poderá estar associada a reciclagem do papel podendo ser, após seu descarte, novamente reciclado para tal fim. Para tanto devem estar minimizadas as soluções que empreguem elementos ou materiais que dificultem ou impeçam tal reciclagem.
Como solução de projeto o design, considerando ser este um material de muita leveza, especialmente quando comparado as alternativas disponíveis à fabricação do mobiliário em seus sistemas convencionais. Esta propriedade deve ser aproveitada ao máximo explorando soluções que a mantenham, tais como: os cortes e encaixes, os vincos e dobras, o tamanho das peças e a sobreposições, ainda que outras alternativas com este mesmo material estejam disponíveis, como é caso dos sistemas colados e posteriormente recortados.
A resistência, a melhora nas suas funções, sejam oriundos de projetos completos e que objetivem a reciclabilidade de estar associados aos critérios de leveza para redução do consumo de matéria prima e energia. Em um ambiente crescente de consumo e de destruição da natureza o designer, neste caso o do mobiliário, precisa adotar medidas de precaução estimulando o emprego materiais amigáveis ao meio-ambiente, de produtos que, por sua leveza, demandem menor consumo de material ou de energia na sua obtenção e de materiais reciclados que não causem danos ou gerem prejuízos a este meio.

7. CONCLUSÃO

As legislações que tratam dos resíduos sólidos abriram novas possibilidades de negócios, onde pequenas empresas se baseiam na coleta de materiais para reciclagem e reuso para produção de novos produtos. A fabricação de móveis de papelão se encaixa neste contexto com um grande apelo ecológico, já que projetos que incorporam produtos em sua própria cadeia, vem conquistando maior aceitação. Decisões que evitem o acúmulo de resíduos, que os utilizem na concepção de produtos princípios sócio-éticos implicam na colaboração para a inclusão de mão de obra de comunidades locais, gerando novos empregos e outros benefícios econômicos duradouros e mais justos socialmente.
O emprego do papelão ondulado, como material alternativo para a fabricação de móveis, otimizando o emprego dos recursos naturais, preservando e melhor utilizando as fontes econômicas e reduzindo o impacto ambiental, poderá contribuir a economia na produção de móveis. O mobiliário produzido a partir do papelão ondulado pode ser feito com menos tempo, com menor consumo de energia, a partir princípios fáceis de recorte, dobras e encaixes e com baixo consumo de energia na produção, gerando produtos mais leves com o emprego de materiais reciclados e recicláveis. Eliminação de soluções de acabamento que empreguem tintas, vernizes ou materiais adesivos pode também contribuir para a diminuição da geração de resíduos poluentes e, sobretudo, diminuindo o consumo de material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPO – Associação Brasileira do Papelão Ondulado. http://www.abpo.org.br/- acesso em: 05.09.2016.

BABIC, D.; LAJIC, B.; JURECIC, D.; PASANEC-PREPROTIC, S. **The construction of corrugated boxes as a key parameter of their strength.** 11th International Design Conference and Workshop (Design 2010). Zagreb: University of Zagreb, V. 4, p. 1957-1963, 2010.

BEUKERS, Adrian; HINTE, Ed van. **Lightness: The inevitable renaissance of minimum energy structures.** Roterdam: Publishers, 2001. 191 p.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. http://www.cempre.org.br/ - acesso em: 16.10.2016.

Design Center Stuttgart. **Focus Lebensart Focus way of life.** Ludwigsburg, Avedition, 2002.

DIGEL, Marion. **Papermade – wohnen mit papier und karton.** Muenchen: Mosaik, 2002. 119 p.

DURANCE, David. **Survey of cardboard furniture**. Melbourne: Swinburne University, 2009. 36 p.

FIELL, Charlotte J.; FIELL, Peter M. **1000 Chairs.** Taschen: New York, 2013. 624 p.

FRANCO, Annibal G.; SALES, Rosemary do B. C.; MOHALLEM, Nelcy D. S**. Design para mobiliário ecoeficiente utilizando papel ondulado.** In: Anais do 11º. P & D Design. Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. V. 1, n. 4, P. 2078-2089. São Paulo: Blucher, 2014.

HENLON, J.F.; KELSEY, R.J. & FORCINIO, H.E.: **Handbook of Package Engineering**. London: CRS Press, 1998. 698 p.

http://inhabitat.com/spiral-stool-is-a-sturdy-flat-pack-stool-made-from-100-recyclable-cardboard/spiral-stool-by-misosoupdesign-1/ - acesso em: 16.10.2016.

http://homeli.co.uk/grow-your-own-chair-from-grass-soil-and-a-cardboard-framework -acesso em:16.10.2016.

http://zainteriora.net/2010/09/20/bar%E2%80%93shop-in-lisbon - acesso em: 16.10.2016.

http://www.hypeness.com.br/2016/08/designers-criam-poltrona-de-terra-e-grama-que-pode-ser-plantada-em-qualquer-jardim - acesso em: 16.10.2016.

http://rafa-kids.blogspot.com.br/2012/08/flux-and-spotty-chair.html. Acesso em: 16.10.2016.

http://www.unicardboarddisplay.com/?p=477 - acesso em: 16.10.2016.

LAGO, T. E. R.; RIBEIRO, M. R. R.; MELO, C. L.; ROMANO. F. V.; BRONDANI, S. A. **Estudo do papelão como material alternativo para o design de móveis.** Anais do 2° Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Rede Brasil de Design Sustentável. São Paulo. SSN 21762384, Brasil, 2009. p. 1-11

MALUF, Marina Kosovski. **Leveza, design e mobiliário no Brasil: aspectos visuais de uma ideia**. Dissertação (mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design, 2013. 138 p.

MANZINI, E. **A matéria da invenção**. Lisboa: Centro Português de Design, 1993. 223 p.

NORDSTRAND, Tomas**. Basic Testing and Strength Design of Corrugated Board and Containers**. Doctoral Thesis. Lund: Division of Structural Mechanics, LTH-Lund University, 2003. 94 p.

RIBEIRO, Airton. **Frank Ghery – Móveis com inovações nos materiais e na linguagem formal.** Ed. 242. Abril 2000. Disponível em: https://arcoweb.com.br/projetodesign/design/frank-o-gerhy-moveis-em-01-04-2000 - acesso em 04.09.2016.

SAMPAIO, Claudio P. **Diretrizes para o Design de embalagens em papelão ondulado movimentadas entre empresas com base em sistemas produto-serviço.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-graduação em Design. Curitiba, 2008. 217 p.

SANTOS, A.; RAZERA, D.; SAMPAIO, C. P.; WOSCH, S.; LEINER, D.; LEINER, S.; VASQUES, R. A.; ROCHA, V. da C.; YANO, L.; FRESSATO FIHO, A.; SMYTHE Jr, N. L.; **Design em Papelão Ondulado.** Curitiba: UFPR - Núcleo de Design & Sustentabilidade. Série: Design Sustentável, 2006. 88 p.

VITRA. **Designers & Architects / Frank Gehry.** https://www.vitra.com/en-br/corporation/designer/details/frank-gehry. Acesso em: 16.10.2016.

504. INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE AGRAGADO RECICLADO EM CONCRETOS: UM ESTUDO DO CISALHAMENTO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS

SILVA, Max[1](max_weverton19@hotmail.com); CORDEIRO, Michelle*[2] *(michellemelocordeiro@gmail.com); PINA, Maurício*[3](mpinaf@gmail.com)
[1 2 3]Universidade Federal do Pará (UFPa), Brasil

RESUMO
A construção civil é, atualmente, um dos maiores geradores de resíduos sólidos no mundo. Dentre os resíduos, os provenientes de concreto e argamassa são os mais representativos. Encontrar uma destinação eficaz para estes resíduos vem sendo motivo de discussão no meio científico pois ainda não há uma normatização que possibilite seu retorno como matéria-prima nas obras civis, em elementos estruturais. O objetivo deste trabalho é verificar a eficiência da aplicação das normas ABNT NBR 6118, ACI 318 e Eurocode 2, referentes ao uso do concreto estrutural convencional, em elementos estruturais com adição de agregado reciclado de concreto (ACR). Para a análise, as vigas foram estudadas quanto ao seu comportamento ao cisalhamento. Visto isso, foi realizado um comparativo entre os valores experimentais de ensaios em vigas com agregado graúdo natural com percentuais de substituição de 50% e 100% de ARC e sem armaduras de cisalhamento, com valores teóricos produzidos através das normas ABNT NBR 6118, ACI 318 e Eurocode 2. Assim foram analisadas 70 vigas. Os resultados apontam que os agregados reciclados podem ser inseridos em elementos estruturais, com uma pequena queda da sua resistência se comparada com o concreto convencional. Para a aplicação das normas com segurança em dimensionamento de peças com agregado reciclado é necessário que seja feito adaptações.
Palavras-chave: Cisalhamento; Concreto Estrutural; Vigas; Agregado Reciclado de Concreto (ARC); Normas.

ABSTRACT
The construction Industry is currently one of the largest generators of solid waste in the world. Among the waste, concrete and mortar are the most representative. Finding an effective allocation for these residues has been the subject of debate by the scientific community because there is still no regulation that allows its return as a raw material in the civil works, as part of the structural elements. The aim of this study is to assess the efficiency of application of the NBR 6118, ACI 318 and Eurocode 2 standards, for the use of conventional structural concrete in structural elements with the addition of recycled aggregate concrete (RAC). For the analysis, the beams were studied as to their behavior to shear. After that, it was made a comparison between the experimental test values beams with natural coarse aggregate with percentages of substitution of 50% and 100% of ARC and without shear reinforcement, with theoretical values produced by the NBR 6118, ACI 318 and Eurocode 2 standards. Thus 70 beams were analyzed. The results show that the recycled aggregates can be inserted into structural elements, with a slight decrease of its resistance compared to conventional concrete. For the application of safety standards to design parts with recycled aggregate, adaptations must be made.
Keywords: Shearing; Structural concrete; recycled aggregate concrete (RAC); beams; Standards

1. INTRODUÇÃO

O alto consumo de matéria-prima, a intensa geração de resíduos e a preocupação em relação ao meio ambiente têm crescido de acordo com o crescimento da população e suas necessidades. Isso tem estimulado a procura por meios mais sustentáveis de desenvolvimento. Nesse contexto, estudos com resíduos de construção e demolição vêm sendo realizados.

Os resíduos de construção civil representam grande parte dos resíduos sólidos urbanos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) e Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2014, 4.599 (t/dia) de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) foram coletados, o que corresponde a um índice de 0,263 (Kg/hab/dia). Em comparação com 2013, houve um crescimento de 4,1% na quantidade coletada pelos municípios brasileiros.

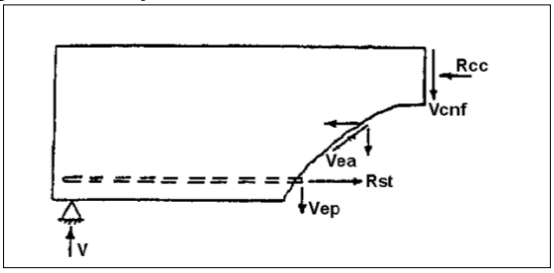
O uso do RCD não é algo novo, há relatos de sua utilização desde da antiguidade. Pois foram encontrados registro de utilização de alvenaria britada para uso em concreto desde a época romana. Após a segunda guerra mundial, o RCD foi empregado na reconstrução da Europa. E, em 1977, no Japão foram feitas as primeiras normas para utilização de agregado reciclado de concreto. A partir de 1982 as normas ASTM C 32-82 e C 122-79 incluíram o agregado reciclado de concreto como agregado em suas especificações.

No Brasil, a preocupação com os resíduos ainda se encontra em estágio inicial. Somente em 1998 foi criado o Programa Brasileiro de Reciclagem, que propôs uma legislação e diretrizes na área. A Lei nº 12.305/10 regulamentada pelo Decreto 7.404/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tornou-se uma referência para a resolução dos problemas referente ao manejo inadequado dos resíduos sólidos.

A partir da Resolução 307/2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), definiu-se o conceito de Resíduos de Construção Civil (RCC). Assim, o gerador tornou-se responsável pela segregação dos RCC em 4 classes diferentes, devendo encaminhá-los para reciclagem ou disposição final. A resolução proibiu o envio dos resíduos a aterros sanitários e obrigou a adoção do princípio da prevenção de resíduos. Essa Resolução é considerada o principal marco regulatório para a gestão dos RCC e dispõe sobre responsabilidades dos municípios em implementarem seus planos de gerenciamento integrado de resíduos da construção civil.

Em relação ao cisalhamento, as principais normas técnicas admitem que a resistência de uma viga é composta por duas parcelas: a contribuição do concreto e seus mecanismos (V_c) e a contribuição da armadura transversal (V_s). A parcela V_c equivale a soma de diversos esquemas capazes de transmitir esforços entre as seções, como: efeito de pino, efeito de arco, concreto não fissurado e engrenamento de agregados (Figura 1). Entretanto, não é teoricamente possível avaliar a contribuição de cada mecanismo separadamente.

Figura 1. Forças atuantes em uma fissura inclinada



Fonte: (Joint ACI-ASCE Committee 426, 1973) *apud* Carelli (2002)

Onde:
• Rcc - resultante de compressão do concreto (banzo comprimido);
• Rst - resultante de tração na armadura longitudinal (banzo tracionado);
• V - reação de apoio;
• Vcnf - contribuição para a resistência ao cisalhamento devido ao concreto não fissurado;
• Vea – contribuição para a resistência ao cisalhamento devido ao engrenamento dos agregados;
• Vep – contribuição para a resistência ao cisalhamento devido ao efeito de pino.

A contribuição devido ao engrenamento dos agregados está vinculada a resistência dos agregados, visto que, se a resistência dos agregados for superior a argamassa que o envolve, o engrenamento será mais eficiente. Assim, torna-se importante o estudo do comportamento ao cisalhamento em peças com adição de agregados reciclados de concreto (ACR).
Nesse contexto, a reciclagem de resíduos vem crescendo. Existem muitos estudos e pesquisas sendo realizados na intenção de aprimorar sua utilização. No Brasil, é permitido apenas o uso do ACR na confecção de elementos não-estruturais e destinado à pavimentação, como estabelece a NBR 15116:2004. Deste modo, faz-se necessário a realização de estudos para avaliação da viabilidade de seu uso em fins estruturais.

2. OBJETIVO

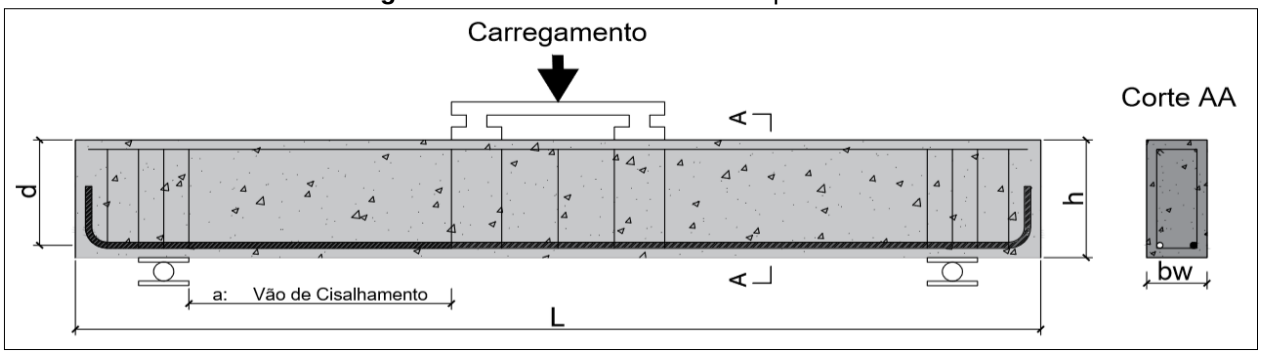
O objetivo desse trabalho é analisar comportamento ao cisalhamento de vigas produzidas com substituição de agregado reciclado de concreto (ACR), verificando sua eficiência em comparação ao uso do concreto estrutural convencional por meio da aplicação das normas ABNT NBR 6118, ACI 318 e Eurocode 2.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1. Banco de dados

Como meio de delimitação do trabalho, a pesquisa busca estudar concretos com idade de 28 dias, limitados a uma resistência característica do concreto de até 50 MPa. Entretanto, não foram objetos de estudo os tipos de cimentos, bem como o método de dosagem utilizados.
As vigas sem ACR foram selecionadas como parâmetro de comparação com os demais percentuais. As com 100% tornam-se importante, pois simulam estruturas compostas pela substituição total do agregado graúdo natural. Tendo em vista elementos com os dois tipos de agregados em sua composição, foram estudadas vigas com 50% de substituição.
Baseado na delimitação das variáveis, foi elaborado um banco de dados de resultados experimentais afim de estudar o efeito do cisalhamento em concretos com ACR. Foram analisados os dados dos trabalhos de Fonteboa, Abella (2007), Arezoumandi et al (2015), Fathifazl et al (2010), Kim et al. (2013), Sadati et al. (2016), Schubert et al. (2012) Arezeumandi (2014). O método de ensaio das vigas nos experimentos seguiu o esquema ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Método de ensaio dos experimentos



Foram consideradas vigas com teores de substituição do agregado reciclado de concreto em 0%, 50% e 100% e sem uso de armaduras transversais no vão de cisalhamento, formando um bando de dados com 70 vigas expostas nas tabelas (1), (2) e (3).

Tabela 1. Vigas sem adição de ACR

Pesquisador	Ref. Viga	L (mm)	Bw (mm)	h (mm)	d (mm)	a (mm)	fc (MPa) 28 dias	fct,m (Mpa)	ρ(%)	Vexp (kN)
Fonteboa; Abella (2007)	V1-0	3050	200	350	315	1000	40,2	3,48	2,59	88,86
Arezoumandi et al. (2015)	V2-0	3660	300	460	408	1224	37,23	3,34	1,27	120,99
	V3-0	3660	300	460	408	1224	34,13	3,16	1,27	129,88
	V4-0	3660	300	460	408	1224	37,23	3,34	2,03	143,23
	V5-0	3660	300	460	408	1224	34,13	3,16	2,03	166,80
	V6-0	3660	300	460	408	1224	37,23	3,34	2,71	173,47
	V7-0	3660	300	460	408	1224	34,13	3,16	2,71	170,80
Fathifazl et al. (2010)	V8-0	2600	200	350	309	800,31	37,1	3,34	1,62	92,80
	V9-0	2600	200	375	309	800,31	37,1	3,34	1,62	92,80
Kim et al. (2013)	V10-0	2400	200	350	300	750	31,8	3,01	1,90	75,50
	V11-0	3150	200	530	450	1125	31,8	3,01	1,90	106,90
	V12-0	3900	200	680	600	1500	31,8	3,01	1,90	125,90
	V13-0	3150	300	530	450	1125	31,8	3,01	1,90	156,70
	V14-0	3900	400	680	600	1500	31,8	3,01	1,90	256,40
Arezeumandi (2014)	V15-0	4300	300	460	400	1200	34,2	3,16	1,25	129,90

Tabela 2. Vigas substituição de 50% de ACR

Pesquisador	Ref. Viga	L (mm)	Bw (mm)	h (mm)	d (mm)	a(mm)	fc (MPa) 28 dias	fct,m (Mpa)	ρ(%)	Vexp (kN)
Fonteboa, B. G & Abella, F. M. (2007)	V16-50	3050	200	350	315	1000	39,65	4,41	2,59	90,64
Arezoumandi et al. (2015)	V17-50	3660	300	460	408	1224	32,1	3,03	1,27	117,43
	V18-50	3660	300	460	408	1224	35,51	3,24	1,27	111,64
	V19-50	3660	300	460	408	1224	32,1	3,03	2,03	151,23
	V20-50	3660	300	460	408	1224	35,51	3,24	2,03	148,56
	V21-50	3660	300	460	408	1224	32,1	3,03	2,71	171,69
	V22-50	3660	300	460	408	1224	35,51	3,24	2,71	168,58
Sadati et al. (2016)	V23-50	3600	200	350	303	999,9	39,7	3,49	3,00	90,60
	V24-50	3600	200	350	303	999,9	41,3	3,58	2,90	89,00
	V25-50	3600	150	230	200	760	41,8	3,61	1,30	44,00
	V26-50	3600	150	230	200	760	41,8	3,61	1,30	39,10
	V27-50	3600	150	230	200	760	37,4	3,36	1,30	43,70
	V28-50	3600	150	230	200	760	37,4	3,36	1,30	41,20

Pesquisador	Ref. Viga	L (mm)	Bw (mm)	h (mm)	d (mm)	a(mm)	fc (MPa) 28 dias	fct,m (Mpa)	ρ(%)	Vexp (kN)
Kim et al. (2013)	V29-50	2400	200	350	300	750	32,4	3,05	1,90	60,60
	V30-50	3150	200	530	450	1125	32,4	3,05	1,90	108,90
	V31-50	3900	200	680	600	1500	32,4	3,05	1,90	126,10
	V32-50	3150	300	530	450	1125	32,4	3,05	1,90	154,20
	V33-50	3900	400	680	600	1500	32,4	3,05	1,90	261,50
Schubert et al. (2012)	V34-50	2300	500	200	170	560	31,65	5,20	1,27	118,00
	V35-50	2300	500	200	170	560	30,69	5,30	1,27	118,20
	V36-50	2300	500	200	170	560	30,61	4,70	1,27	111,60
	V37-50	2300	500	200	170	560	30,93	4,60	1,27	101,80

Tabela 3. Vigas com 100% de substituição de ACR

Pesquisador	Ref. Viga	L (mm)	Bw (mm)	h (mm)	d (mm)	a (mm)	fc (MPa) 28 dias	fct,m (Mpa)	ρ(%)	Vexp (kN)
Arezoumandi et al. (2015)	V38-100	3660	300	460	408	1224	30	2,90	1,27	114,76
	V39-100	3660	300	460	408	1224	34,13	3,16	1,27	112,98
	V40-100	3660	300	460	408	1224	30	2,90	2,03	143,23
	V41-100	3660	300	460	408	1224	34,13	3,16	2,03	124,10
	V42-100	3660	300	460	408	1224	30	2,90	2,71	131,22
	V43-100	3660	300	460	408	1224	34,13	3,16	2,71	140,11
Sadati et al. (2016)	V44-100	3600	170	300	270	594	39,7	3,49	1,10	60,00
	V45-100	3600	170	300	270	810	31,2	2,97	1,10	42,70
	V46-100	3600	305	460	400	1240	30	2,90	2,71	114,80
	V47-100	3600	305	460	400	1240	34,1	3,15	2,03	113,00
	V48-100	3600	305	460	375	1218,8	30	2,90	1,27	143,20
	V49-100	3600	305	460	375	1218,8	30	2,90	2,03	131,40
	V50-100	3600	305	460	375	1218,8	34,1	3,15	2,71	124,10
	V51-100	3600	305	460	375	1218,8	34,1	3,15	2,71	140,30
	V52-100	3600	200	350	303	999,9	39,8	3,50	2,90	84,00
	V53-100	3600	150	230	200	760	39,1	3,46	1,30	36,40
	V54-100	3600	150	230	200	760	39,1	3,46	1,30	38,00
	V55-100	3600	150	230	200	760	39,2	3,46	1,30	39,90
	V56-100	3600	150	230	200	760	39,2	3,46	2,03	36,10
	V57-100	3600	170	300	270	1080	31,9	3,02	1,10	31,70
Kim et al. (2013)	V58-100	2400	200	350	300	750	34,9	3,20	1,90	72,90
	V59-100	3150	200	530	450	1125	34,9	3,20	1,90	96,40
	V60-100	3900	200	680	600	1500	34,9	3,20	1,90	125,10
	V61-100	3150	300	530	450	1125	34,9	3,20	1,90	159,80
	V62-100	3900	400	680	600	1500	34,9	3,20	1,90	256,60
Schubert et al. (2012)	V63-100	2300	500	200	170	560	34,73	4,90	1,27	116,00
	V64-100	2300	500	200	170	560	38,36	5,50	1,27	122,80
	V65-100	2300	500	200	170	560	38,36	5,50	1,27	116,30
	V66-100	2300	500	200	170	560	34,08	4,50	1,27	120,70
	V67-100	2300	500	200	170	560	25,12	4,30	1,27	100,60
	V68-100	2300	500	200	170	560	24,91	4,20	1,27	100,80
	V69-100	2300	500	200	170	560	26,16	4,20	1,27	100,00
	V70-100	2300	500	200	170	560	26,8	4,10	1,27	105,90

Onde as variáveis *L, Bw, h, d* e *a* referem-se as propriedades geométricas das vigas em estudos e são representadas na Figura 1**.** A váriável *fc* representa a resistência a compressão do concreto aos 28 dias; a *fct,m* indica a resistencia a tração média do concreto; *ρ(%)* diz respeito a taxa de armadura longitudinal da seção transversal; E *Vexp.* indica a carga de ruptura ao cisalhamento.

3.2. Modelos de Cálculo

Foram objetos de estudo os normativos: ABNT NBR 6118, ACI 318 e EUROCODE 2. Nestes, foi considerada somente a parcela resistente ao cisalhamento referente ao concreto (V_c).

A norma brasileira determina dois modelos de cálculo, e no presente trabalho adotou-se o modelo I que admite diagonais de compressão inclinadas à 45° em relação ao eixo longitudinal do elemento estrutural e que a parcela V_c tenha valor constante, independente da parcela resistente ao cisalhamento referente ao aço (V_{Sd}). Sendo o esforço resistente ao cisalhamento o menor valor encontrado entre V_{Rd2} e V_{c0}.(Tabela 4).
Segundo a norma norte-americana ACI 318, a resistência ao cisalhamento é calculada com a soma de uma parcela do esforço cortante advinda do concreto e uma parcela da armadura de cisalhamento. A parcela do concreto V_c, para elementos submetidos somente a esforços cortantes e de flexão, deve seguir a disposição da equação apresentada na tabela 4.
A Eurocode, assim como as demais normas não fornecem um modelo para o cálculo de elementos com agregado reciclado em sua composição. Apresenta duas formulações no que se diz respeito a resistência ao cisalhamento, uma para peças sem reforço ao cisalhamento e outra para peças com armadura transversal.(Tabela 4)

Tabela 4. Modelos de cálculo

Norma	Modelo	Descrição
ABNT NBR 6118	$V_{Rd2} = 0{,}27\ (1 - f_{ck} / 250)\ f_{cd}\ b_w\ d$ $V_{c0} = 0{,}6\ f_{ctd}\ b_w\ d$	$\alpha_{V2} = (1 - f_{ck} / 250)$ f_{ck} é a resistência a compressão característica do concreto (MPa) $f_{ctd} = f_{ctk,inf}/\gamma_c$
ACI 318	$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) b_w d$	f_c' é a resistência a compressão do concreto (MPa)
EUROCODE 2	$V_{Rdc} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$	$C_{Rd,c}$ é igual a $\frac{0{,}18}{\gamma_c}$ $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2{,}0$ com *d* em *(mm)* $\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0{,}02$ $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0{,}2 f_{cd}\ (MPa)$ A_{sl} é a área da armadura longitudinal b_w comprimento da base da seção *(mm)* N_{Ed} é o carregamento normal a estrutura em (N) A_c área de concreto da seção *(mm²)*.

3.3. Análise de demérito

Collins (2001) sugere uma classificação dos modelos normativos referente ao dimensionamento ao esforço cortante. Através da relação entre o valor experimental e de cálculo, o modelo pode ser classificado através de uma escala de demérito. O *escore* está relacionado a economia e segurança, assim temos que o ideal a ser atingido para garantia de segurança e economia no dimensionamento ao cisalhamento está na faixa entre 0,85 e 1,30. Uma relação abaixo de 0,50 é classificada como “extremamente perigosa”. Valores acima de 1,30 também possuem pontuação de demérito, visto que o modelo deixa a desejar economicamente. (Tabela 5)

Tabela 5. Classificação segundo Collins

τ_{exp}/τ_{calc}	*Escore*	Classificação
< 0,50	10	Extremamente Perigosa
0,50 |--- 0,65	5	Perigosa
0,65 |--- 0,85	2	Baixa Segurança
0,85 |--- 1,30	0	Segurança Apropriada
1,30 |--- 2,00	1	Conservadora
≥ 2,00	2	Extremamente Conservadora

4. Resultados e Discussão

Uma análise dos dados estatísticos apresentados na Tabela 6 aponta para uma uniformidade nas amostras coletadas. O coeficiente de variação (CV) indica a precisão dos modelos de cálculos usados pelos normativos. Observa-se que a EUROCODE apresenta menor dispersão em relação as demais, isso significa que seu modelo de cálculo que mais se aproxima dos resultados experimentais, fato já evidenciado por Ribeiro (2005). A média dos resultados mostra que o modelo usado pela ACI é mais conservador em relação as demais, apresentando uma relação τ_{exp}/τ_{calc} acima de 1,20 para todos os percentuais de substituição de ACR. A NBR 6118 apresentou médias abaixo de 1,00, um primeiro indicativo do modelo ser inseguro para aplicação direta no cálculo de vigas com agregado reciclado e também não se apresenta segura para o dimensionamento ao cisalhamento sem o uso de armaduras. Para todos os modelos analisados, os valores das médias e medianas obtidas ficaram muito próximas.

Tabela 6. Análise estatística da relação τ_{exp}/τ_{calc}

Medidas Estatísticas	NBR 6118			ACI			EUROCODE		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Média	0,91	0,85	0,79	1,26	1,29	1,20	1,00	0,98	0,92
Mediana	0,92	0,88	0,79	1,26	1,33	1,22	0,99	0,97	0,92
Desvio P.	0,112	0,136	0,096	0,137	0,130	0,138	0,060	0,063	0,094
CV (%)	12,34	16,04	12,10	10,82	10,11	11,48	6,01	6,43	10,20
Mínimo	0,68	0,54	0,54	0,97	0,92	0,73	0,89	0,78	0,63
Máximo	1,07	1,10	1,03	1,48	1,51	1,46	1,18	1,11	1,19

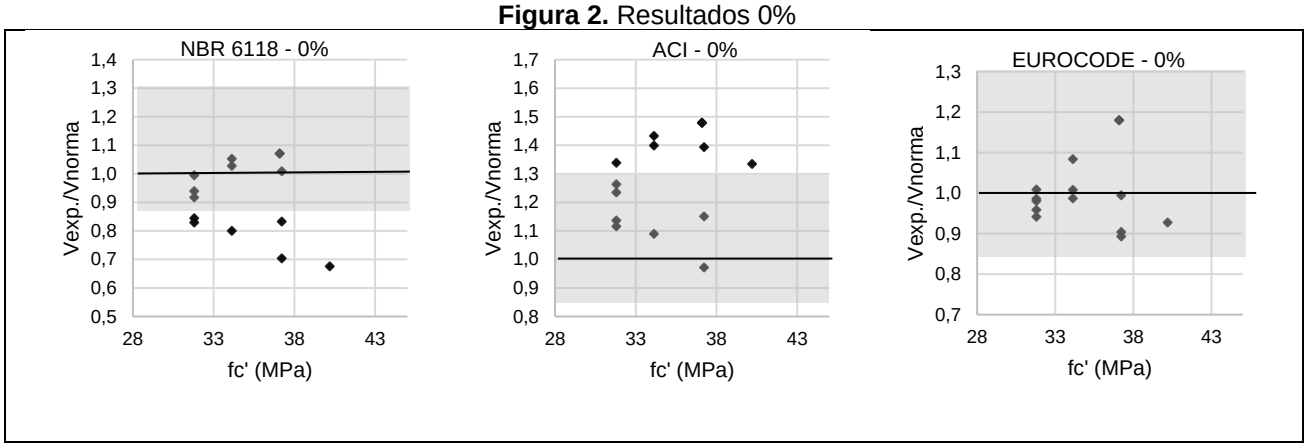
Através da metodologia proposta por Collins (2001) os dados foram classificados de acordo com sua escala de demérito e assim obtida sua pontuação. As maiores pontuações foram obtidas pela NBR 6118, para os três percentuais de substituição, o que demonstra, a primeiro momento, sua maior ineficiência perante as demais. (Tabela 7)

Tabela 7. Escore dos dados analisados

Escala de demérito	NBR 6118			ACI			EUROCODE		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
< 0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,50 |--- 0,65	0	4	3	0	0	0	0	0	1
0,65 |--- 0,85	7	5	18	0	0	1	0	2	7
0,85 |--- 1,30	8	13	12	8	10	22	15	20	25
1,30 |--- 2,00	0	0	0	7	12	10	0	0	0
>= 2,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pontuação	14	30	51	7	12	12	0	4	19

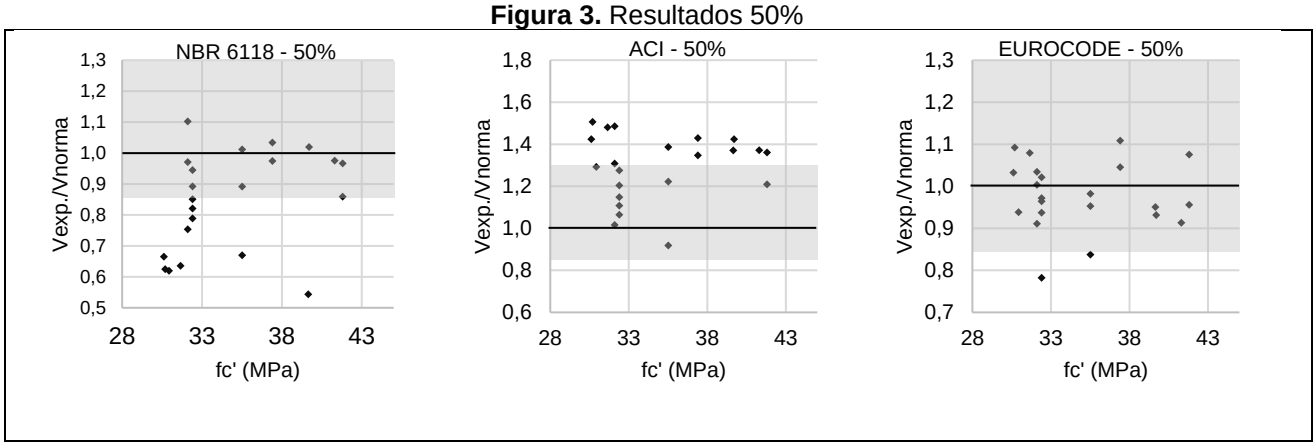
Esta tabela revela que, para concretos sem adição de ACR, aproximadamente 46% dos dados encontram-se na zona de *"baixa segurança"* quando se utiliza o modelo proposto pela NBR 6118. Já o modelo proposto pela ACI se apresenta *"conservadora"*, visto que aproximadamente 46% dos dados passam a estar na zona conservadora. Os restantes dos dados ficaram na zona para os dois modelos se classificaram como *"segurança apropriada"*. A Eurocode, para concreto convencional, mostrou-se adequada no dimensionamento ao cisalhamento sem o uso de armaduras pelo fato de que todos os dados ficaram na faixa de *"segurança apropriada".* (Figura 2)

Figura 2. Resultados 0%



Ao ser substituído 50% dos agregados graúdos por ARC, esta situação se modifica. Para a norma brasileira, 18% das vigas estudadas ficaram na faixa *"perigosa"*; 22,7% classificaram-se como *"baixa segurança"* e 59% das amostras incluíram-se na zona de *"segurança apropriada"*. Para a ACI, cerca de 45% classificaram-se na zona de *"segurança apropriada"* e o restante classificou-se como *"conservadora"*. No modelo proposto pela Eurocode, apenas 9% dos itens ficaram na faixa de *"baixa segurança"* e os restantes das vigas, aproximadamente 91% possuem *"segurança apropriada".*(Figura 3)

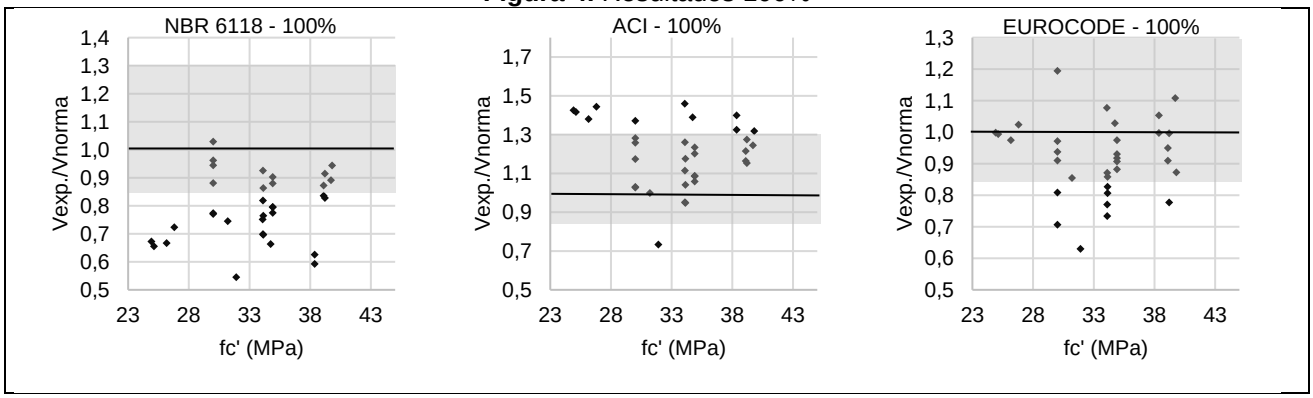
Figura 3. Resultados 50%



As vigas com apenas agregado reciclado, 100% de substituição, para o modelo da NBR 6118, apresentaram-se em maior parte na zona de *"baixa segurança"*, aproximadamente 55%. Cerca de

36% classificaram-se como *"segurança apropriada"* e os 9% restante ficaram classificadas como "perigosa". A ACI, para este caso, apresentou apenas uma viga, equivalente a 3%, na faixa de *"baixa segurança";* pouco menos de 67% dos itens ficaram no intervalo correspondente a *"segurança apropriada";* e os demais 30% classificaram-se na faixa considerada como *"conservadora".* No caso da Eurocode, pouco mais de 75% dos itens incluíram-se no intervalo de *"segurança apropriada",* 21% das vigas listaram-se como *"baixa segurança"* e uma viga ficou classificada como *"perigosa".* (Figura 4)

Figura 4. Resultados 100%



5. CONCLUSÃO

Através da análise de demérito é possível analisar comportamento ao cisalhamento de vigas produzidas com substituição de ACR como tendo um resultado favorável. Pois, em comparação com vigas produzidas a partir de concretos convencionais, as vigas produzidas com adição de ACR apresentaram valores satisfatórios. Vale ressaltar que, através desse estudo, a NBR 6118, em todos os níveis de substituições, tende a classificar em uma zona pior que as demais. Assim, a proposta de Collins aponta a norma brasileira como sendo a menos eficiente dentre as três normas analisadas e a EUROCODE como sendo a que possui um modelo que mais se aproxima dos dados experimentais. O modelo proposto pela norma americana apresentou-se como conservador e resultou em valores seguros para todos os percentuais de substituição, porém antieconômico. Como os modelos normativos não possuem coeficientes para considerar o efeito da substituição do ARC no que implicou uma redução linear da relação $V_{exp.}/\ V_{norma}$. Estudo das demais propriedades do concreto com adição de agregado reciclado é necessário para validar sua utilização com segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014. Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. ABRELPE. Disponível em: < http:// http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm >. Acesso em: 28 de dezembro de 2016.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Building Code Requirements for Structural Concrete. 2005.

AREZOUMANDI, M.; DRURY, J.; VOLZ, J. S.; KHAYAT, K. H. Effect of recycled concrete aggregate replacement level on shear strength of reinforced concrete beams. ACI Materials Journal, v. 112, p. 1–8, 2015.

AREZOUMANDI, M.; SMITJ, A.; VOLZ, J. S.; KHAYAT, K. H. An experimental study on shear strength of reinforced concrete beams with 100% recycled concrete aggregate. Construction and Building Materials, v. 53, P. 612 – 620, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

Brasil. Lei Federal de n° 12.305/2010, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 03 de agosto de 2010.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 17 de julho de 2002.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 346, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA n° 307, de 05 de julho de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 17 de agosto de 2004.

CARELLI, J. A. Cisalhamento em vigas de concreto armado com estribos autotravantes. Florianópolis, 2002. 144 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de PósGraduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

COLLINS, M.P., Evaluation of Shear Design Procedures for Concrete Structures, CSA Technical Committee on Reinforced Concrete Design, Canadá, março 2001, p.29-37.

CORDEIRO, L. N. P. Análise dos parâmetros principais que reagem a variabilidade de concretos produzidos com agregados graúdos de concreto. 127 p., 2013. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

EUROCODE 2. Design of concrete structures – Part 1–1: general rules and rules for buildings. Ispra, Italy., 2004.

FATHIFAZL, G.; RAZAQPUR, A. G.; ISGOR, O. B.; et al. Shear capacity evaluation of steel reinforced recycled concrete (RRC) beams. Engineering Structures, v. 33, p. 1025–1033, 2010.

FONTEBOA, B. G.; ABELLA, F. M. Shear strength of recycled concrete beams. Construction and Building Materials, v. 21, p. 887–893, 2007.

GONÇALVES, R. D. C. Agregados reciclados de resíduos de concreto - um novo material para dosagens estruturais, 2001. 148f., Dissetação (Mestrado em Engenharia de Estruturas): Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. Seminário – Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares. 13 p., 2013.

KIM, S. W.; JEONG, C. Y.; LEE, J. S.; KIM, K. H. Size effect in shear sailure of reinforced concrete beams with recycled aggregate. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, v. 12, p. 323–330, 2013.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concreto produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 290 p., 2001. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LIMA, T. S. S.; BARBOSA, A. H. Análise de vigas de concreto armado ao cisalhamento produzidas com agregados graúdos reciclados. Congresso Brasileiro de Concreto. Anais., 2015. Bonito-MS.

RIBEIRO, A. B. Análise crítica sobre o dimensionamento ao cisalhamento em vigas de concreto armado segundo a NBR 6118 (2003). Belo Horizonte, 193 p., 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais.

SADATI, S.; AREZOUMANDI, M.; KHAYAT, K. H.; VOLZ, J. S. Shear performance of reinforced concrete beams incorporating recycled concrete aggregate and high-volume fly ash. Journal of Cleaner Production, v. 115, p. 284–293, 2016.

SANTOS, S.; FILHO, E. C.; DORNELLES, J. D.; PEDRONI, G. C.; PADILHA, V. Z. Utilização de resíduos sólidos da construção civil como agregado gráudo na confecção de concreto. Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia. Anais, 2015. Fortaleza-CE.

SCHUBERT, S.; HOFFMANN, C.; LEEMANN, A.; MOSER, K.; MOTAVALLI, M. Recycled aggregate concrete: Experimental shear resistance of slabs without shear reinforcement. Engineering Structures, v. 41, p. 490–497, 2012.

SCHULZ, R. R.; HENDRICKS, Ch. F. Recycling of mansory rubble. In: HANSEN, T. C. Recycling of demolished concrete and mansory. London: Chapman & Hall, 1992. Part Two, p. 161-255. (RILEM TC Report 6)

507. REAPROVEITAMENTO DA CONCHA DE MARISCO COMO AGREGADOS EM ARGAMASSAS E CONCRETOS NÃO ESTRUTURAIS

[1]MOTA, João Manoel de Freitas (joaomota@recife.ifpe.edu.br); [2]FAUSTINO, Ronaldo(ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br); [3]MORAES, Yuri Barros Lima (yurimoreaes@recife.ifpe.edu.br); [4]COSTA e SILVA, Ângelo Just (angelo@unicap.br); [5]SANTOS, André Miranda (dedester@gmail.com).

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Brasil.
[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Brasil.
[3]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Brasil.
[4]Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Brasil.
[5]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Brasil.

**Autor correspondente*

RESUMO

Ao longo dos anos os agentes envolvidos na indústria construção civil vêm procurando meios de reduzir os impactos ambientais envolvidos na sua atividades, tanto pela elevada geração de resíduos como pelo uso de materiais naturais e finitos. Por outro lado, existem diversos materiais empregados em outras indústrias que, após o seu uso inicial, acabam sendo descartados de forma irregular e aleatória. Exemplo disso vem da maricultura da espécie anomalocardia brasiliana, que são as conchas originadas da separação de ostras (molusco) vendidas em todo o litoral do país. O seu descarte, via de regra, é efetuado sem qualquer tipo de controle, o que gera enorme transtorno para os vendedores e moradores das localidades. Assim, o presente trabalho tem como objetivo a reutilização desse resíduo como agregado (miúdo e graúdo) em compósitos como argamassas (contrapiso) e concretos, por substituição parcial ou total. Foram realizadas análises de propriedades utilizando na mistura a casca do marisco nas formas, a saber: (i) como agregado miúdo (triturando), substituindo a areia em argamassas para contra piso; (ii) como agregado graúdo (forma natural), substituindo a brita em concreto não estrutural, além das amostras de referência, sem substituição. Foram moldados corpos de prova cilíndricos de (5x10)cm, para argamassas, e de (10x20)cm, para os concretos, todos no Laboratório de Materiais de Construção do IFPE - Campos Recife. Foram avaliadas propriedades mecânicas (resistência à compressão, tração por compressão diametral, módulo de elasticidade dinâmico), e também relacionadas com durabilidade (ensaios acelerados aos 28 dias e 90 dias de absorção por imersão total e capilaridade). Os resultados obtidos apresentaram níveis aceitáveis desse resíduo em substituição aos agregados naturais, compatíveis com a literatura existente, indicando potencial de uso desses compostos para algumas finalidades.

Palavras-chave: concreto, argamassa, resíduos, concha de mariscos.

REUSE OF CLASHELL AS COARSE AGGREGATE IN THE MORTAR AND NON-STRUCTURAL CONCRETE

ABSTRACT

The industry of civil construction industry have been looking for ways to reduce the environmental impacts involved in their activities, both by the high generation of waste and the use of natural and finite materials. On the other hand, there are several materials used in other industries that, after their initial use, end up being discarded in an irregular and random manner. An example of this comes from the mariculture of the species Anomalocardia brasiliana, which are the shells originated from the separation of oysters (molluscs) sold all over the coast of the country. Their disposal, as a rule, is carried out without any type of control, which creates enormous inconvenience for the sellers and residents of the localities. The present study aims to reuse this residue as aggregate in composites such as mortars and concrete, by partial or total replacement. Analysis of properties was performed using the waste in the different forms, as follows: (i) as a small aggregate, replacing the sand in floor mortars; (ii) as a large aggregate (natural form), replacing the agregates in non-structural concrete, in addition to the reference samples, without replacement. Cylindrical specimens (5x10)cm, for mortar, and (10x20)cm, for concrete, were molded, all at the Construction Materials Laboratory of IFPE - Recife. Mechanical properties (compressive strength, diametral compression traction, dynamic modulus of elasticity), and also related to durability (accelerated tests at 28 days and 90 days of total immersion and capillarity absorption) were evaluated. The results obtained presented acceptable levels of this residue in substitution of the natural aggregates, compatible with the existing literature, indicating potential of use of these compounds for some purposes.

Keywords: concrete, mortar, waste, shell of seafood.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população e a busca pelo desenvolvimento econômico trazem consigo o aumento do consumo de recursos naturais com proporções importantes. A intervenção desenfreada do homem na natureza vem modificando as condições do meio ambiente e produzindo cada vez mais resíduos. Diante dessa problemática, surge a necessidade de analisar alternativas para a utilização destes resíduos que estão se acumulando e gerando desequilíbrio ambiental.

O litoral norte do estado de Pernambuco também possui importância para a maricultura extrativista, especialmente no Canal de Santa Cruz, uma vasta área de manguezais que cobre cerca de 1220 ha e separa a Ilha de Itamaracá do continente. As águas marinhas dessa região possuem condições favoráveis ao cultivo de moluscos, devido à elevada carga de matéria orgânica em suspensão, por ser próximo a manguezais, e facilidades geológicas da região. A pesca do marisco Anomalocardia brasiliana é uma atividade tradicional no litoral norte de Pernambuco, onde diversas famílias realizam uma atividade de subsistência expressa pela extração artesanal deste molusco ao longo da costa, sobretudo nos municípios de Goiana, Igarassu e Itapissuma, onde, no ano de 2006, foram registrados 17,7% da captura de pescado no Estado, dentre os quais se destacam os mariscos com 2.475,3 t (CEPENE, 2008).

Este bivalve está amplamente distribuído ao longo de toda a costa brasileira, habitando áreas protegidas da ação de ondas e de correntes, ocorre tanto na faixa entremarés como no infra litoral raso em substrato lodoso ou areno-lodoso (RODRIGUES et al., 2010). Anomalocardia brasiliana, por ser uma espécie eurialina e euritérmica, pode ser considerada uma espécie rústica, possuindo ampla distribuição geográfica (ARAÚJO; NUNES, 2006; LIMA et al., 2009). A pesca do marisco, devido ao seu beneficiamento, que consiste em aquecer o produto em um recipiente e em seguida bater em uma peneira para facilitar o descasque, produz resíduos que causam grandes impactos ambientais, tais como: poluição visual, assoreamento de rios e mangues, odores desagradáveis e problemas de higiene e saúde pela falta de controle sanitário (EL-DEIR, 2009). De toda a quantidade de marisco produzida, apenas 20% é consumida na forma alimentar, sendo 80% constituída de casca, e esta é composta por 95% de carbonato de cálcio, o restante é matéria orgânica e outros compostos (EPAGRI, 2007).

A origem calcária decorrente da sua formação lhe proporciona um comportamento hidráulico e mecânico potencialmente interessante para uso como componente de compósitos cimentícios, o que motivou a realização do presente estudo experimental, em laboratório. O trabalho contemplou a substituição parcial do agregado natural por resíduos das conchas em argamassas de contrapiso e em concretos não estruturais.

2. METODOLOGIA

2.1 Lavagem das conchas

Após a coleta, as conchas passaram por um processo inicial de secagem e lavagem simples, ficando exposta por um período mínimo de seis meses à ação de intempéries (sol e chuva). Concluída essa etapa, as conchas foram submetidas a outro processo de lavagem, no qual as quantidades utilizadas na dosagem foram colocadas em uma betoneira por partes (Figura 1), submetidas a ciclos de lavagens com água potável, com duração de 25 minutos cada, para remoção de impurezas. Ao término do 4º ciclo percebeu-se que a água, após a lavagem, possuía a coloração clara, semelhante àquela inicialmente inserida, indicando a conclusão do processo de lavagem

(Silva, 2016). Em seguida, as conchas foram dispostas em lona plástica para secagem no por um período de mais 7 dias.

Figura 1. Procedimento de lavagem das conchas em betoneira.



2.2 Moagem das conchas para produção das argamassas

Com o objetivo de diminuir o tamanho das partículas para atender a uma granulometria de areia média e grossa, que conforme a ABNT NBR 6502/1995 varia de 0,2 mm a 2,0 mm, as conchas foram colocadas num triturador (figura 2) de mandíbulas usado para moagem rápida e cuidadosa. Toda a etapa de moagem com o triturador foi realizada no museu de Minerais e Rochas da UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Após esse processo, ainda foi usado o soquete de 2,5 kg com o cilindro Proctor normal (figura 3) para atingir a granulometria ideal para areia média e grossa a ser utilizada na argamassa.

Figura 2. Triturador de Mandíbulas



Figura 3. Soquete e Cilindro Proctor Normal



2.3 Produção da argamassa, moldagem e cura dos corpos de prova

Esta etapa compreendeu a preparação da argamassa de contrapiso, a partir do traço de referência 1:4 (cimento: areia), em volume, relação água/cimento 0,70, e percentuais de incorporação das conchas já trituradas conforme a Tabela 1. Para a produção da argamassa foi utilizado um misturador mecânico, e recipientes plásticos para a dosagem volumétrica.

Para cada traço (tabela1), foram moldados 09 corpos de prova cilíndricos de (5 x10)cm, de acordo com a ABNT NBR 7215/1996, sendo 6 (seis) corpos de prova destinados ao ensaio de resistência a compressão axial, 2 (dois) para ensaio de resistência à tração por compressão diametral e 1 (um) para ensaio de determinação de absorção de água e módulo de elasticidade, totalizando 27 corpos de prova.

Tabela 1. Famílias das argamassas produzidas para o estudo

Traço	Cimento	Agregado miúdo natural (areia)	Agregado miúdo (concha)
T1	1	4	0
T2	1	2	2
T3	1	0	4

2.4 Produção do concreto, moldagem e cura dos corpos de prova

A moldagem e cura dos corpos de prova foram efetuadas de acordo com a NBR 5738/2015. Para obter parâmetros comparativos, optou-se pela utilização de 2 traços com diferentes relações água/cimento (0,5 e 0,6), e proporções de agregados (1:5 e 1:8), totalizando 8 famílias (Tabela 2). Em todos os casos os concretos obtiveram abatimento semelhante, na ordem de (120$\pm$20)mm. Foram moldadas 18 amostras (10x20)cm para cada família estudada, as quais permaneceram em câmara úmida até as idades dos ensaios.

Tabela 2. Famílias de concreto produzidas para o estudo.

Nomenclatura	T.U.V. (c: a: b/m: a/c)
Família 1 (brita100%)	1 : 2 : 3 : 0,6
Família 2 (marisco100%)	1 : 2 : 3 : 0,6
Família 3 (brita100%)	1 : 4 : 4 : 0,5
Família 4 (marisco100%)	1 : 4 : 4 : 0,5

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Argamassas à base de marisco triturado

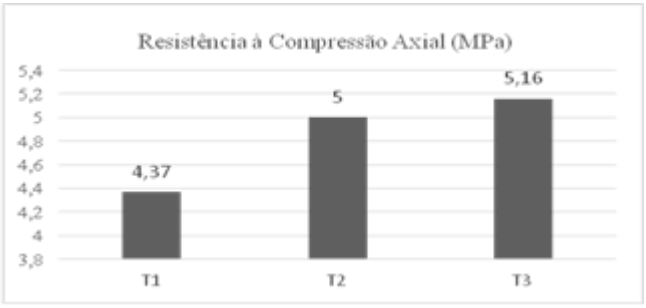
O ensaio de resistência à compressão axial (tabela 3) foi realizado de acordo com a NBR 13279/2005, para o qual foram analisados 6 corpos de prova de cada família. De acordo com os parâmetros da NBR 13281:2005, os resultados das famílias 1,2 e 3 se caracterizam como argamassa (figura 4), classe P4.

Tabela 3. *Resultados Ensaio de Resistência à Compressão*

Resistência à Compressão Axial								
Idade: 28 dias								
Família T1			Família T2			Família T3		
M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV
4,37	0,24	5,49	5,00	0,25	5,00	5,16	0,33	6,39

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%)

Figura 4. Resultados ensaio de resistência à compressão axial.



A argamassa composta por cimento e conchas apresentou resistência à compressão média maior que as demais amostras. LAWRENCE, CYR e RINGOT (2004) afirmam que o $CaCO_3$ reage com o $3CaO.Al_2O_3$ e com $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ do cimento, produzindo $3CaO.Al_2O_3.CaCO_3.11H_2O$ (carboaluminato). Além disso, o $CaCO_3$ pode ativar a hidratação do cimento atuando como pontos de nucleação e incorporando-se parcialmente na fase C-S-H (silicatos de cálcio hidratados).

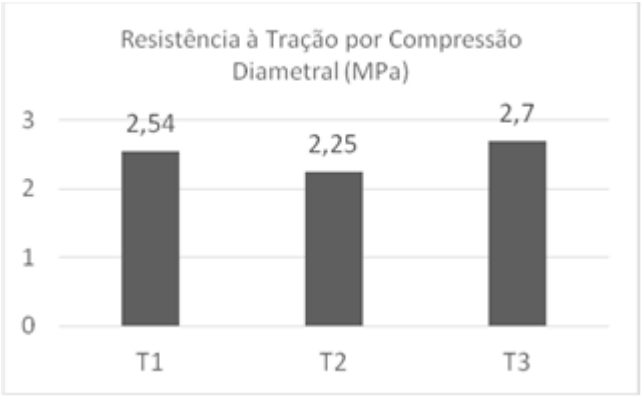
Conforme a NBR 7222/2010 foi realizado o ensaio de resistência à tração por compressão diametral (tabela 4 e figura 5), onde nesse caso foram analisados 2 corpos de prova de cada família.

Tabela 4. Resultados do ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral

Resistência à Tração por Compressão Diametral								
Idade: 28 dias								
Família T1			Família T2			Família T3		
M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV
2,54	0,24	9,45	2,25	0,15	6,67	2,70	0,48	17,8

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%)

***Figura 5**. Resultados Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral*



Baseado na norma 8802:2013, foi realizado o ensaio para definição do módulo de elasticidade dinâmico (tabela 6 e figura 7), através da determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica (tabela 5 e figura6). Para isso foi utilizado o equipamento PUNDIT (Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Tester). O aparelho no modo de transmissão direta indica o tempo em μs que a onda ultrassônica leva para percorrer a distância "d" conforme mostra a Figura 6.

***Tabela 5 .** Resultado dos ensaios de ultrassom*

Ensaio de Ultrassom	Tempos (μs)
Família T1	27,3
Família T2	28,2
Família T3	31,1

Figura 6. Tempos de Propagação da onda Ultrassônica.

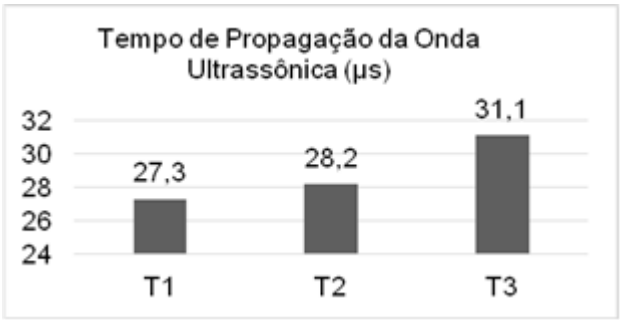
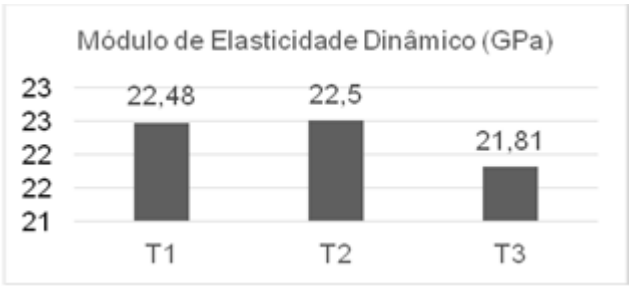


***Tabela 6.** Valores do Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)*

Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)		
Idade : 28 dias		
Família T1	Família T2	Família T3
22,48	22,50	21,81

Figura 7. Modulo de Elasticidade Dinâmico



O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado de acordo com a NBR 9778/2005. Com base nos resultados obtidos (tabela 7 e figura 8) foi possível notar que, com a substituição total da areia por concha de marisco, a amostra da família T3 apresentou percentual de absorção de água numericamente um pouco maior que as demais famílias. Isso pode ser justificado, devido a maior porosidade da argamassa, tendo a concha como agregado miúdo, e também devido à pouca aderência desse agregado com a pasta de cimento. Os valores de absorção de água por imersão foram calculados conforme a Equação 3 a seguir:

$$Abs = \frac{Msat - Ms}{Ms} \times 100$$

Onde:
Msat – massa do corpo de prova saturado;
Ms – massa do corpo de prova seco em estufa.

Tabela 7. Valores de Absorção de Água por Imersão (%)

Ensaio de Absorção de Água por Imersão	**%**
Família T1 (sem concha)	9,89
Família T2(50% de concha)	9,93
Família T3 (100% de concha)	10,45

Figura 8. *Resultados Absorção de Água Por Imersão Total.*



3.2 Concreto não estrutural

Para execução dos ensaios de resistência à compressão axial (tabela 8) e resistência à tração por compressão diametral, foi utilizada uma prensa elétrica automática servo-controlada, com capacidade nominal de 200 tf. As idades dos corpos de prova foram determinadas diante das possibilidades operacionais (acima de 28 dias). O ensaio de resistência à compressão foi realizado de acordo com a NBR 5739/2007, e foram avaliados 12 corpos de prova para cada família. Segundo a NBR 6118/2014, os resultados das famílias 2 e 4 não se caracterizam como concreto estrutural.

Tabela 8. Resultados da resistência a compressão axial.

Resistência à compressão (MPa)												
Idade (dias)												
64						57			68			
Família 1			Família 2			Família 3			Família 4			
M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV	
19,11	0,93	4,84	10,22	0,68	6,65	8,80	0,33	3,72	4,60	0,47	10,17	

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%)

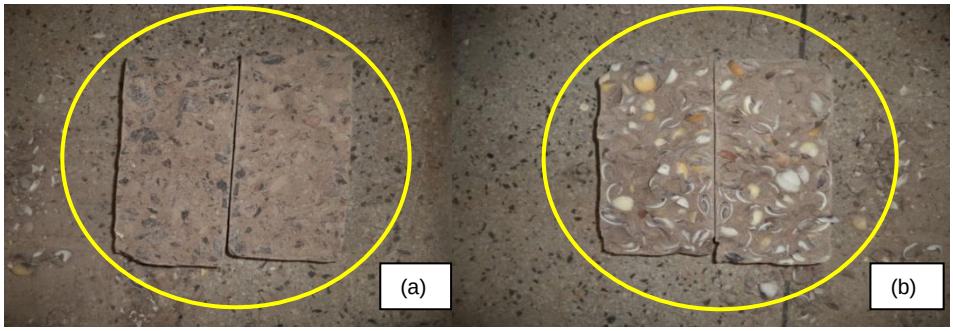
Conforme a NBR 7222:2011 verificou-se a resistência à tração por compressão diametral (tabela 9). Para este ensaio foram analisadas 3 amostras por família. Os resultados do ensaio de tração por compressão diametral indicaram redução da resistência bastante significativa para as amostras com conchas em substituição à brita.

Tabela 9. Resultados da resistência à tração por compressão diametral

Resistência à tração por compressão diametral (MPa)											
Idade (dias)											
64						57			68		
Família 1			Família 2			Família 3			Família 4		
M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV
2,39	0,35	14,66	1,21	0,15	12,07	1,25	0,15	12,00	0,73	0,14	18,78

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%)

Figura 9. Ruptura após aplicação de carga de compressão diametral: (a) Corpo de prova da família 1; (b) Corpo de prova da família 2



Os ensaios de módulo de elasticidade dinâmico (figura 10) foram efetuados a partir da determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica. Para isso foi utilizado o equipamento PUNDIT (aparelho de ultrassom digital) em 3 corpos de prova de cada família, com o aparelho posicionado no modo de transmissão direta, o qual indica o tempo decorrido em µs, desde a emissão da onda até a sua recepção.

Figura 10. Valores do ensaio de ultrassom

Ensaio de ultrassom - Tempos (µs)	
Família 1 (brita 100%)	45,2
Família 2 (marisco 100%)	52,8
Família 3 (brita 100%)	48,5
Família 4 (marisco 100%)	61,9

4. CONCLUSÃO

O estudo apresentado teve como objetivo principal investigar a possibilidade de emprego dos resíduos das conchas como componentes de compósitos cimentícios não estruturais, com vistas à redução na disposição irregular e descontrolada desse material nas comunidades que o utilizam como fonte de geração de renda.

Os resultados obtidos na pesquisa evidenciaram o potencial de uso do resíduo de conchas de marisco como substituição parcial de agregados miúdos para argamassas de contrapiso, e também para concreto sem função estrutural. Importante destacar que o estudo se limitou a um tipo específico de marisco, com quantidade reduzida de amostras, contudo os valores encontrados indicaram a sugestão na continuidade de estudos com esse material para os empregos citados.

A eventual viabilização técnica para o emprego desses resíduos pode contribuir para mitigar o impacto ambiental local, bem como servir, até mesmo, como uma fonte secundária de renda para comunidade de pescadores, promovendo beneficio social e econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. M. Y.; NUNES, C. G. A guideline to molluscan bivalve reproductivestudies in brazilian marine management areas. In: INTERNATIONAL COASTAL SYMPOSIUM, 8, 2006, Itajaí. Proccedings… Itajaí: Coastal Education & Research Foundation, 2006. p. 945-948.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 5739. Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6502: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 7222. Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 8802: Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 1995.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL NORDESTE - CEPENE. Boletim da estatística da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil - 2006. Tamandaré, PE: CEPENE, 2008. 385 p.

EL-DEIR, S. G. Estudo da mariscagem Anomalocardia Brasiliana (Mollusca: Bivalvia) nos bancos de Coroa do avião, Ramalho Mangue Seco (Igarassu, Pernambuco, Brasil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. 123p. Tese Doutorado.

EPAGRI.Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina. Estudo da Viabilidade Técnica, econômica e financeira de implantação de unidade de beneficiamento de mexilhão.2007.

LIMA, M. A.; SOARES, M. O.; PAIVA, C. C.; OSÓRIO, F. M.; PORFÍRIO, A. F.; MATTHEWS-CASCON, H. Osmorregulação em moluscos: o caso do bivalve estuarino tropical Anomalocardia brasiliana (Mollusca: Bivalvia). Conexões – Ciência e Tecnologia, Fortaleza, v. 5, n. 3, p. 79-84, 2009.

LAWRENCE, Philipp; CYR, Martin; RINGOT, Erick. Mineral admixtures in mortar effect of type, amount and fineness of fine constituents on compressive strength. Cement and Concrete Research, Toulouse, France, 14 p., 2004.

RODRIGUES, A. M. L.; AZEVEDO, C. B.; SILVA, G. H. G. Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve Anomalocardia brasiliana (Gmelin, 1791) (Veneridae). Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 377-383, 2010.

SILVA, Ana Izabella Melo; Reaproveitamento da concha de marisco como agregado graúdo na produção de concreto não estrutural. Anais do 58º Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016.

EURO ELECS 2017

HABITAÇÃO SOCIAL URBANA E RURAL: TECNOLOGIAS E CULTURAS CONSTRUTIVAS

REALIZAÇÃO: UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

PROMOÇÃO: antac

APOIO / PATROCÍNIO: CAPES, CNPq, FAPERGS, CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul INTEGRANDO PROFISSIONAIS E SOCIEDADE

SUMÁRIO

96. A PERSONALIZAÇÃO DE FACHADAS NA COMUNIDADE PAC/ANGLO, EM PELOTAS/RS 1547

100. MODIFICAÇÃO DA HABITAÇÃO: UMA AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO NO CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL EWERTON MONTENEGRO GUIMARÃES EM VILA VELHA-ES. 1559

257. AVALIAÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL PRODUZIDA POR SISTEMA CONSTRUTIVO INOVADOR EM SVVIE DE PVC SOBRE OS PRECEITOS DA SINAT 004 1571

264. DESEMPENHO TÉRMICO x SUSTENTABILIDADE x CUSTO PARA SISTEMAS DE VEDAÇÃO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL 1581

409. SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES DO SÉCULO XIX: O CASO DAS HABITAÇÕES RURAIS DO SERIDÓ NORTE-RIO-GRANDENSE 1591

438. INVERSIÓN ESTATAL EN ARQUITECTURA Y SALUD PÚBLICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE ESCASOS RECURSOS EN MEDELLÍN, COLOMBIA 1601

447. HABITAÇÃO SOCIAL: O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA COMO VETOR DE EXPANSÃO URBANA 1611

485. APRIMORAMENTO DA EXECUÇÃO DE MORADIAS AUTÓCTONES EM ALDEIA GUARANI ATRAVÉS DE ESTUDOS GEOTÉCNICOS DO SOLO LOCAL 1621

96. A PERSONALIZAÇÃO DE FACHADAS NA COMUNIDADE PAC/ANGLO, EM PELOTAS/RS

JORGE, Liziane de Oliveira[1](lizianej@gmail.com); MEDVEDOVSKI, Nirce Saffer*[2] *(nirce.sul@gmail.com); SANTOS, Cynthia Marconsini L.*[3](c.marconsini@gmail.com); SOUSA, Jhonathan H.*[4] *(jhonathanhsousa@gmail.com); ENCARNAÇÃO, Fabricio Sanz*[5](fabricioencarnacao@hotmail.com)*

[1, 2, 4, 5] Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Brasil

[3]Universidade Vila Velha (UVV), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

A comunidade PAC/Anglo, localizada no município de Pelotas/RS, é proveniente de um loteamento popular cujas casas refletem a marca dos projetos de provisão pública para a habitação de interesse social no Brasil. O vocabulário estético das fachadas reproduz uma desconcertante simplicidade estética e uma monotonia oriunda da repetição maciça de habitações idênticas na imagem urbana, condição reforçada pela ausência de tratamentos arquitetônicos expressivos, das formas provenientes de arranjos funcionais simplistas, e dos planos ininterruptos de fachada dispostos em ritmo sequencial. Além da correlação funcional rígida entre exterior-interior, como uma obrigação moral de "*traduzir o espaço interno e as funções do edifício na imagem exterior, onde a planta deve corresponder a fachada*" (LAMAS, 2000, p. 96), a paisagem urbana acabou empobrecida. Acredita-se que a personalização, enquanto um meio eficaz de diferenciação estética, seja uma prática empregada pelas comunidades residentes em projetos padronizados de habitação social, uma vez que "*a combinação de cores e materiais valorizam a diferença e enaltecem a identidade*" (MOZAZ e PER, 2004, p.424). O objetivo do presente trabalho é investigar as estratégias de personalização de fachadas empregadas nas unidades residenciais do loteamento PAC/Anglo, cujas unidades idênticas organizadas conforme o modelo tipológico "casa em fita" foram submetidas a um processo de transformação que nasceu do cerne da comunidade. Passados pouco mais de quatro anos, a imagem pública do loteamento foi abandonando a uniformidade e a esterilidade do projeto padrão. O trabalho identifica, a partir do levantamento *in loco*, as fachadas das 90 casas do loteamento, decifrando os códigos utilizados nesse processo de transformação e trazendo à tona as práticas sociais adotadas, bem como os elementos arquitetônicos e materiais construtivos adotados. Por fim, serve como um alerta para a importância da identidade e da diferenciação nos projetos arquitetônicos, uma atitude de identificação do próprio indivíduo, de respeito às diferenças e de singularidade.

Palavras-chave: Habitação de interesse social; Personalização; Identidade; Fachadas.

THE CUSTOMIZATION OF FACADES IN THE PAC/ANGLO COMMUNITY, PELOTAS/RS

ABSTRACT

The PAC/Anglo community, located in Pelotas, Rio Grande do Sul, comes from a popular settlement whose houses reflect the methods adopted in the social housing programs in Brazil. The aesthetic vocabulary of the facades plays a disconcerting simplicity aesthetics and monotony from massive repetition of identical dwellings on urban image, which is reinforced by the absence of expressive architectural treatments of shapes from simplistic and functional arrangements of uninterrupted

facade plans arranged in sequential rhythm. In addition to the functional correlation between rigid outer-interior, as a moral obligation to "translate the internal space and the functions of the building in the picture the outer image, where the plant must match the facade" (LAMAS, 2000, p.96), the urban landscape has become impoverished. It is believed that the customization, as an effective means of aesthetic differentiation, is a practice employed by residents in standardized social housing projects, since "the combination of colors and materials value difference and enhances identity" (MOZAZ and PER, 2004, p.424). The aim of the present work is to investigate strategies of facade's personalization in residential units of the PAC /Anglo community, whose identical units arranged according to the typological model "row houses" underwent a transformation process that was born from the core of the community. After a little more than four years, the public image of the site was abandoning uniformity and sterility of the standard design. This article identifies, from the field inventory, the facades of the 90 houses of the site, deciphering the codes used in this process of transformation and bringing up social practices adopted, as well as the architectural elements and construction materials used. Finally, it serves as an alert to highlight the importance of identity and differentiation in architectural projects, the identification of the individual, respect for differences and uniqueness.
Keywords: Social housing; Customization; Identity; Facades.

1. INTRODUÇÃO

O enfrentamento do problema habitacional, no Brasil, é uma questão que precisa ser equalizada a partir de iniciativas integradas de combate ao déficit habitacional e à pobreza, provendo alternativas de acesso formal à moradia e à qualidade de vida para as famílias de baixa renda. Os desequilíbrios econômicos e sociais do país posicionam, lado a lado, soluções espontâneas de ocupação do território e materializações formais que se estringem prioritariamente às classes de renda média e alta. Segundo a Fundação João Pinheiro (2016), o déficit habitacional no Brasil é um conceito amplo, que envolve não apenas o déficit de moradias, mas a inadequação dos domicílios diante das deficiências urbanas infraestruturais e fundiárias que acompanham esse fenômeno. O órgão estimou o déficit habitacional do Brasil, em 2013, em torno de 5 milhões de moradias em áreas urbanas (FJP, 2016), e o município de Pelotas, localizado no Rio Grande do Sul, apresenta o déficit de 13.500 unidades residenciais (PINTO, 2016).

Um dos programas federais de enfrentamento aos problemas urbanos e habitacionais é o Programa de Aceleração do Crescimento PAC – Urbanização de Assentamentos Precários, lançado em 2007, para atender a população de renda de 0 a 3 salários mínimos, faixa de concentração do déficit. Pelotas foi um dos municípios do RS contemplado com investimentos do PAC no setor da habitação, e a partir do PAC Farroupinha, objetivou-se a requalificação de um setor urbano e a provisão de 90 moradias para relocação de famílias em situação de risco e 20 moradias para converter a situação de precariedade existente na localidade denominada Anglo, cujo nome é referência a um frigorífico que atuou na área a partir 1940. Historicamente, o frigorífico Anglo, afetado por um processo de desindustrialização e falência, encerrou as atividades em 1979, deixando terrenos provenientes da massa falida que seriam adquiridos posteriormente pelo poder público para viabilizar a urbanização da área e a permanência da população original, descendente dos operários do frigorífico, que acabaram se estabelecendo informalmente sobre o local, inclusive em casas insalubres e improvisadas às margens do canal, em área de risco (MEDVEDOVSKI, 2014).

Figura 1 – Implantação do loteamento PAC/Anglo, com destaque para as 90 unidades habitacionais com tipologia "em fita" e diagrama da casa padrão, de 36m².



Sinônimo de conquista e luta, as primeiras casas foram entregues em 2012,

> Entretanto, apesar desta comunidade organizada, o projeto da área, iniciado em 2007 após o levantamento cadastral, não levou em conta o perfil das famílias, aplicando um único projeto padrão de unidade habitacional de 2 dormitórios de 36,90 m2 [...] Moradias não adequadas ao perfil de um quinto das famílias já apresentam construções irregulares e grande parte das unidades se apropriaram do espaço frontal (MEDVEDOVSKI, 2014, p.63, 70).

Pouco tempo depois da entrega e ocupação das primeiras unidades, começaram as interferências individuais de expansão das unidades, seja para promover adequações às necessidades das famílias, seja para imprimir a marca pessoal na arquitetura anônima. As unidades habitacionais, concebidas à luz dos conceitos de alta compartimentação e "habitação mínima", não adotou nenhum instrumento de incentivo ao crescimento posterior, à flexibilidade construtiva ou à personalização das moradias, sendo um fenômeno inevitável diante da enorme capacidade de mutação e dinamismo do espaço residencial unifamiliar. Essa espontaneidade construtiva é, portanto, a prova de que o tecido urbano é um ecossistema que, a partir das necessidades humanas, se modifica ininterruptamente e transforma o seu *biotipo*, suporte físico que a compõe. Segundo Ruano (1999), a *participação* e a espontaneidade são pilares da sustentabilidade, permitindo práticas favoráveis à constituição de um biótipo que ampare essas necessidades. O controle absoluto do tecido urbano é uma contradição diante de um meio urbano que dispõe de problemas sociais, cujos projetistas exógenos à comunidade, não conseguem decifrar plenamente os códigos, as necessidades e os anseios dos habitantes. Lay e Reis (2010) reforçam a importância da sustentabilidade social na qualidade de vida do ser humano, à luz de uma abordagem cultural e da constituição de um ambiente habitacional que propicie o comportamento humano adequado e a satisfação dos residentes, considerando os vários aspectos pertinentes à produção de projetos habitacionais, o oposto ao *determinismo arquitetônico e social* tão usual em projetos de habitação social.

Nesse sentido, esse trabalho aponta estratégias de personalização de fachadas na habitação social que precisam ser consideradas no processo de projeto, de modo a qualificar a habitação.

2. OBJETIVO

O presente trabalho compreende uma etapa do projeto de Pesquisa “Estratégias de Flexibilidade na Habitação Social”, com ênfase na avaliação das estratégias de personalização de fachadas da comunidade PAC/Anglo. A pesquisa floresceu a partir da necessidade de identificação das estratégias de intervenção promovidas pelos usuários diante das restrições dimensionais inerentes ao espaço da habitação mínima e, não menos importante, da necessidade de personalização da moradia, convertendo as fachadas em um importante elemento de investigação. A face pública das casas, compreendidas originalmente como uma unidade, é complexificada diante do “espírito do tempo”, da necessidade da criação de uma identidade urbana e da incorporação de códigos estéticos e formais ao projeto. Complementarmente, a personalização acompanha iniciativas construtivas que ultrapassam a dimensão estética, incorporando necessidades de segurança, proteção, territorialização, comunicação e adequação ao uso. O trabalho pretende decifrar esses códigos.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa envolveu etapas distintas que associam métodos qualitativos e quantitativos. Primeiramente, a mobilização da comunidade foi motivada pela interlocução dos pesquisadores com a liderança comunitária, indispensável para a autorização dos trabalhos de penetração na comunidade, abordagem dos moradores e permissão para o registro fotográfico das noventa casas construídas pelo programa PAC/Anglo.
A aplicação de um questionário auxiliar, que investiga perfil familiar, funcionalidade dos ambientes, inserção urbana e motivações de reforma, foi complementado por outras técnicas de Avaliação Pós-Ocupação. A aplicação do questionário foi precedida por uma atividade preparatória, com a instrução de voluntários e bolsistas dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Geografia da UFPEL que participaram do trabalho de campo, interceptando o morador em suas casas, registrando as respostas e desenvolvendo as medições no espaço físico com ênfase nas reformas já realizadas pelas famílias. Inevitavelmente, a impossibilidade de uma aplicação integral dos questionários se restringiu a uma amostra, envolvendo 40 casas ao total.
A etapa de levantamento fotográfico compreendeu o registro das 90 casas em imagens de alta resolução a partir do enquadramento em vista ortogonal, permitindo a fotomontagem dos perfis de cada quadra e a identificação dos detalhes construtivos. O percurso realizado foi registrado em mapa auxiliar, viabilizando a identificação de cada face de quadra do loteamento. A partir dessa etapa, foram identificadas diferentes estratégias de personalização e variabilidade construtiva, traduzidos em diagramas ilustrativos, evidenciando as preferências e as práticas sociais adotadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

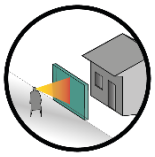
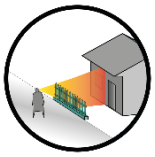
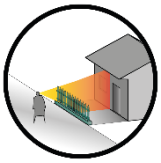
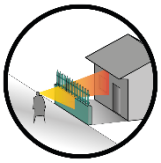
4.1 Instrumentos de personalização e adequação ao uso

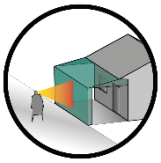
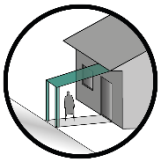
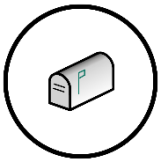
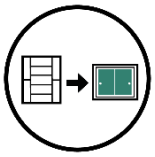
Após o levantamento fotográfico e a etapa de entrevista dos moradores, foi possível identificar 17 instrumentos de personalização e adequação, compreendendo dentre outros aspectos, as qualidades estéticas, potencializadas através de novas harmonias cromáticas e materiais nas fachadas; as necessidades de proteção e segurança, refletidas através da presença de muros e gradis no afastamento frontal, além de grades nas esquadrias; as necessidades de conversão do uso para inclusão de atividades remuneradas ou serviços, que demandam uma identidade visual

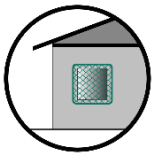
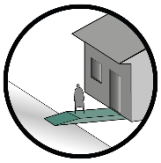
de comunicação com o público; a oportunidade de criação de novos ambientes de transição e de estar na porção frontal da habitação, através de acréscimos de varandas cobertas e ambientes fechados; a substituição das esquadrias originais das unidades, de baixa qualidade, por outras com mecanismos mais adequados às funções de ventilação e iluminação, especialmente em ambientes de longa permanência; além da presença de funções de tratamento de roupa nas fachadas e acréscimo de vegetação.

Todos os instrumentos aqui enumerados, com exceção à rampa de acessibilidade plena, foram promovidos pelos próprios moradores, a partir das necessidades individuais ou familiares relativas ao espaço da moradia. A tabela 1 identifica cada instrumento, o ícone gráfico correspondente, o conceito e o significado do instrumento, a quantidade de ocorrências de cada estratégia em percentual e, por fim, apresenta uma foto selecionada dentre as 90 casas, para ilustrar a estratégia correlacionada.

Tabela 1 – Estratégias de personalização de fachadas e adequação ao uso nas unidades habitacionais da comunidade PAC/Anglo

Ícone	Instrumento	Conceito/ Significado	Percentual	Foto para ilustrar
	Mudança de Cor/ Revestimento da Fachada frontal	Intervenção cromática nas fachadas com substituição da cor original, branca, por cores variadas ou revestimentos.	62%	
	Muro alto opaco	Acréscimo de muro frontal alto, no alinhamento do lote, com funções de proteção e segurança, com características de opacidade total, inibindo a visibilidade dos pedestres a partir da rua.	2%	
	Divisor baixo: material improvisado	Acréscimo de divisor frontal baixo, no alinhamento do lote, executado com material improvisado, como tábuas de madeira, telas aramadas, arames.	24%	
	Muro baixo: Alvenaria	Acréscimo de muro frontal baixo, no alinhamento do lote, executado em alvenaria, com possibilidade de visualização dos pedestres a partir da rua.	19%	
	Divisor alto: Alvenaria e gradil	Acréscimo de muro frontal alto, no alinhamento do lote, com presença de alvenaria em meia altura e gradil, com possibilidade de visualização dos pedestres a partir da rua.	6%	

	Varanda coberta (ambiente fechado)	Acréscimo de divisor frontal (com ou sem gradil), no alinhamento do lote, com presença de cobertura, caracterizando ambiente fechado, sem vãos de acesso que permitam a entrada;	9%	
	Varanda coberta (ambiente aberto de transição)	Acréscimo de divisor frontal, no alinhamento do lote, com avanço de cobertura, caracterizando ambiente aberto, tipo varanda coberta, de livre acesso através do muro;	7%	
	Atividades produtivas – Comércio/ Placa/ Letreiro/ Toldo/ Expositores	Atividade comercial ou serviço – Mudança de uso de cômodos; Presença de placas, letreiros, toldos e, usualmente, mostruário para comercialização dos produtos, nos cômodos frontais da habitação;	13%	
	Trecho coberto restrito à entrada	Acréscimo de cobertura restrita à porta de entrada, como estratégia de proteção às intempéries;	1%	
	Presença de vegetação: Arbusto/ Árvore decorativa	Plantio de vegetação no afastamento frontal da habitação, através de arbustos, herbáceas ou árvores de pequeno porte;	13%	
	Caixa de correspondência	Presença de caixa de correspondência;	9%	
	Mudança de esquadrias - Portas	Substituição das portas de acesso principal da habitação;	45%	
	Mudança de esquadrias - Janelas	Substituição das janelas originais da fachada principal, com modelo por folhas de abrir e mecanismos de obscurecimento;	6%	

	Grade de proteção nas esquadrias	Acréscimo de grades de proteção nas esquadrias e portas, com fins de segurança;	3%	
	Acessibilidade plena - Adequada às normas	Presença de rampas externas para acessibilidade plena, conforme as diretrizes da NBR 9050; Todas as casas atendidas pelas rampas são adaptadas;	2%	
	Escadas ou rampas de acesso sobre a calçada pública	Acréscimo de rampas ou escadas para acesso à entrada principal, sobre o passeio público, afetando o livre percurso nas calçadas;	20%	
	Varal exposto	Presença de varal para tratamento de roupa na porção frontal da habitação;	30%	

4.2 Discussão acerca das estratégias identificadas

- *Personalização das fachadas através de mudança de cor*

A identificação de uma quantidade de 62% de unidades com personalização de fachadas através da variação cromática é uma comprovação da recusa relativa à uniformidade das fachadas originais e do modelo tipológico "casa em fita", que desconsidera a necessidade de construção de uma identidade visual que seja a reafirmação da identidade do mundo familiar, íntimo, pessoal. Segundo Gomes Filho (2000, p.65), "*a cor é a parte mais emotiva do processo visual, possui grande força e pode ser empregada para reforçar a informação visual*", portanto, a decisão de modificação da cor original, facilitada pela economia e simplicidade de execução, denuncia a necessidade de construção de uma particularidade diante da hegemonia do projeto, realizada através de harmonias de nuance e, especialmente, pela seleção de cores de contraste que despontam na paisagem.
A imagem pública do loteamento, submetido às regras rígidas de semelhança e uniformidade aparente proporcionou impactos negativos junto à comunidade, demandando uma atitude de emancipação diante do projeto determinista oferecido. Percebe-se a necessidade de ressignificação e experimentação de um novo conteúdo emocional à imagem pública das casas, conforme afirma Pallasmaa (2013, p. 71), " *implicando uma identificação com o objeto e uma projeção do indivíduo na imagem*".

Figura 2 – Fotomontagem de duas faces de quadras do loteamento PAC/Anglo. Ocorrências constantes de mudança de cor nas fachadas



- *Territorialidade saudável x Dispositivos de segurança*

A idealização de uma vida comunitária através de uma arquitetura sem barreiras físicas, com relações estreitas entre vizinhos, senso de *urbanidade* e coletividade, parece ter sido desafiada diante da sensação de insegurança vivenciada pela exposição excessiva das fachadas. As unidades que promovem explicitamente ações de proteção e segurança, através da segregação ostensiva do espaço público-privado, com muros ou grandes altas e ambientes fechados sem nenhum vão de acesso e controle de entrada, somada à instalação de grades de segurança nas esquadrias, representam 20% do total de unidades. Percebe-se uma reação à sensação de insegurança, acompanhada pela promoção de ações para dificultar ou impossibilitar o acesso às unidades e, ainda inibir a visibilidade ao interior das residências, a partir da rua. Para Bondaruk (2008), especialista em soluções arquitetônicas para a prevenção do crime, as iniciativas de proteção que inibem a vigilância natural, isolam os vizinhos, restringem o campo visual, e tornam o espaço público menos seguro para o pedestre, acarretam o favorecimento da criminalidade e não a sua inibição.

A concepção de um novo limite territorial no alinhamento do lote, através da construção de muros baixos, cercas improvisadas ou varandas cobertas abertas, representam 50% das unidades. Para Bondaruk (2008, p. 150), esse é um retrato da territorialidade saudável, "*construída através de barreiras simbólicas ou ambientes gerenciáveis, que promovem a transição do espaço privado (de fácil gerenciamento) para o público (de difícil gerenciamento)*". Esses espaços devem estar sob o controle do morador, absorvendo funções privadas ou semiprivadas e permitindo a livre observação de pedestres e interação entre vizinhos. Nesse contexto, em 50% das unidades, percebe-se o acréscimo de um novo ambiente residencial com funções complementares no espaço de transição da rua para a habitação, possibilitando maior liberdade e proteção de crianças pequenas em recreação, espaços para estar/socializar em ambiente aberto, novos espaços para armazenamento de objetos pessoais, comercialização de produtos e outras atividades domésticas. As observações de Alexander (2013) reforçam a relevância das fachadas em alinhamentos frontais à medida que contribuem para a vida das áreas externas, com terraços e varandas privativas voltadas para a rua, escadas para sentar, nichos e espaços de transição, bancos externos, muretas para sentar, e outros padrões.

Figura 3 – Situações distintas de acréscimo de muros no alinhamento do lote, com oportunidades de interação inibidas e estimuladas



- *Atividades produtivas & mudança de uso*

A habitação social, concebida exclusivamente a partir de um programa de necessidades clássico, com espaços compartimentados para as atividades e funções habitacionais, desconsidera as necessidades contemporâneas das famílias de baixa renda diante de novas oportunidades de subsistência e trabalho remunerado associados ao espaço da habitação.
Foram identificadas 13% de unidades com atividades comerciais junto à entrada principal, apontando mudanças de uso dos ambientes de estar e dormitórios para ceder lugar aos espaços comerciais e expositores de produtos. As fachadas incluem dispositivos de informação e funcionalidade para a identificação e auxílio à atividade, através de placas, letreiros, toldos, balcões sob as janelas, informes impressos, e mostruários. Para Falagán, Montaner e Muxí (2011, p. 25), a urgência em associar trabalho e moradia é importante tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento, com necessidade de meios para promover o *teletrabalho*; incentivar pequenos negócios com espaço para receber clientes, com acessos alternativos, sem interferências à vida familiar; e com preferência de ambientes flexíveis próximos à entrada principal, para receber clientes sem perturbações às atividades domésticas e privativas.

Figura 4 – Manifestações de atividade comercial. Placas, toldos de identificação e expositores de produtos no cômodo de acesso principal. À direita, acréscimo de ambiente comercial junto à via



- *Mudança de esquadrias*

A identificação de 45% de unidades com substituição das portas de acesso principal é decorrente da baixa qualidade dos materiais entregues. Relatos dos moradores apontam a insatisfação com os materiais utilizados na habitação, sendo o fator principal para promover mudanças nas portas de acesso. Em menor número, equivalente a apenas 6%, foram substituídas as janelas, motivada pela preferência de modelos com mecanismos de abrir e dispositivos de obscurecimento, favorecendo o uso de ambientes de longa permanência.

- *Acessibilidade plena & Conflitos com a vizinhança*

A presença de apenas 2% de unidades adaptadas com rampas de acesso, em conformidade com a Norma de Acessibilidade - NBR 9050 (ABNT, 2015), evidencia a desvalorização dos usuários com mobilidade reduzida. Apesar da identificação de apenas duas unidades com rampas de acessibilidade plena, uma delas acaba com as exigências comprometidas, pois a distância necessária para obter a inclinação mínima excede a largura total da casa, entrando em conflito com a casa vizinha. A figura 5 comprova a contradição dessa relação de vizinhança, pela construção da escada de acesso ao bar da casa vizinha sobre a rampa de acesso, comprometendo o percurso livre do cadeirante.
Observa-se a necessidade de uma atenção especial aos projetos adaptados, com maior integração com a vizinhança e promoção de soluções técnicas e construtivas que se restrinjam ao lote da unidade, solução facilmente resolvida com a presença de recuos maiores para garantir o comprimento necessário para a execução da rampa ou a adoção de uma nova tipologia considerando as necessidades especiais dos moradores.

Figura 5 – Unidade com rampa de acessibilidade plena comprometida por intervenção vizinha (à esquerda) e obstrução da calçada (à direita)



- *Obstáculos nas calçadas*

A presença de 20% de unidades com escadas e rampas sobre o passeio público desfavorecem o livre percurso dos usuários e a segurança dos pedestres (Figura 5), que acabam por transitar no leito carroçável das vias. Além das larguras desfavoráveis, pelas calçadas estreitas, condição usual

em loteamentos de habitação social, a inibição do uso, pelo obstáculo, compromete a acessibilidade das áreas públicas.

- *Varal exposto na frente das unidades*

A identificação de 30% de unidades que utilizam o espaço frontal para secar roupas, sinaliza a inadequação de uma das etapas do processo de lavagem de roupas e possíveis conflitos com a orientação solar e ventilação nos pátios de fundos destinado para a atividade de lavanderia. A pesquisa identificou a tendência de acréscimo de coberturas na parte posterior das unidades, para auxiliar a tarefa manual de tratamento de roupa, entretanto, a prática de estender roupas nos varais à frente das unidades, significa aproveitar as melhores condições climáticas para a atividade.

Figura 6 – Unidade residencial com varal simultaneamente na frente da unidade e sob a cobertura acrescida na porção dos fundos.



5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta parte do processo de transformação das habitações de interesse social do loteamento PAC/Anglo, construídas a partir de investimentos oriundos do Ministério das Cidades. A transformação progressiva das unidades padronizadas ocorreu a partir de iniciativas da própria comunidade, sem incentivos ou orientações profissionais coordenadas. Retrata uma realidade habitual promovida por moradores de baixa renda, diante das inúmeras demandas em relação ao espaço de moradia, compreendida sob um viés sustentável, ao conciliar estratégias de transformação do espaço habitacional para satisfazer às necessidades familiares, com reflexos evidentes nas fachadas: acréscimo de espaços para territorialização do espaço público-privado; dispositivos de segurança; inserção de atividades produtivas para incremento da renda familiar; estabelecimento de uma identidade e uma imagem pública que transcende a estética de uniformidade do projeto; e outras iniciativas que acabaram por interferir no espaço público ou na imagem do lugar. O artigo aponta algumas estratégias de intervenção projetual que explicitam códigos construtivos e preferências da comunidade, que precisam ser incorporados de forma adequada ao projeto de habitação social, para que a sustentabilidade social seja efetivada. Por fim, o artigo atua como uma alerta diante das necessidades de revisão profunda dos conceitos

pertinentes ao projeto tipificado que não condiz com a realidade dos moradores de baixa renda no país, ausentes de um projeto participativo, sem considerar o modo de vida das famílias nas comunidades brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, Christopher. **Uma linguagem de padrões. A pattern language**. Porto Alegre: Bookmann, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9050 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. 3 ed Rio de Janeiro, Rj: ABNT, 2015.

BONDARUK, Roberson Luiz. **A prevenção do crime através do desenho urbano**. Curitiba: Edição do autor, 2007.

FALAGÁN, David H; MONTANER, Josep Maria; MUXI, Zaida. **Herramientas para habitar el presente. La vivenda del siglo XXI.** Barcelona: Actar D, 2011.

Fundação João Pinheiro - FJP. **Centro de Estatística e Informações Déficit habitacional no Brasil 2013-2014 / Fundação João Pinheiro**. Centro de Estatística e Informações – Belo Horizonte, 2016.

GOMES FILHO, João. **Gestalt do objeto**. São Paulo: Escrituras editor, 2000.

LAY, Maria C; REIS, Antônio T. L.**O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 99-119, jul.;set. 2010.

LAMAS, José Ressano Garcia. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.

MEDVEDOVSKI, Nirce S. **Desenvolvimento de procedimentos metodológicos para avaliação das dimensões relativas ao processo, produto e impactos do Programa Minha Casa Minha Vida e do Eixo de Urbanização de Assentamentos Precários do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC-Urbanização de Assentamentos Precários). 11.6 Cidade Pelotas (RS) PAC - Anglo – Avaliação Qualitativa**, Instituto de Arquitetura e Urbanismo – IAU/USP, São Carlos, 2014. Disponível em: <http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arquitec/PMCMV/arquivos/11-6_Estudo%20de%20caso%20PAC%20Anglo%20Pelotas_Versao%20completa.pdf>. Acesso em nov. 2016.

MOZAS, Javier; PER, Aurora Fernández. **Density: New Collective Housing**. Vitoria-Gasteiz: A+T ediciones, 2004.

PALLASMAA, Juhani. **A imagem corporificada. Imaginação e imaginário na arquitetura**. Porto Alegre: Bookmann, 2013

PINTO, Jones Vieira. **Condomínios fechados faixa 1 do Programa Minha Casa, Minha Vida: Efeitos negativos para usuários e cidades: Um estudo em Pelotas-RS**. IV ENANPARQ, Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo Porto Alegre, 25 a 29 de Julho de 2016. Disponível em: <http://www.anparq.org.br/dvd-enanparq-4/SESSAO%2016/S16-05-PINTO,%20J.pdf>. Acesso em nov. 2016.

RUANO, Miguel. **Ecourbanismo. Entornos humanos sustentáveis: 60 projetos**. Barcelona, Gustavo Gili, 1999.

100. MODIFICAÇÃO DA HABITAÇÃO: UMA AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO NO CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL EWERTON MONTENEGRO GUIMARÃES EM VILA VELHA-ES.

MERISIO, Bruna[1](brunamerisio@gmail.com); SANTOS, Cynthia Marconsini L.*[1] *(c.marconsini@gmail.com); JORGE, Liziane*[2](lizianej@gmail.com)*
[1]Grupo ArqCidade, Universidade Vila Velha (UVV), Brasil
[2]Grupo ArqCidade, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Este trabalho apresenta uma avaliação pós-ocupação aplicada no conjunto habitacional de interesse social, Ewerton Montenegro Guimarães, localizado no município de Vila Velha - ES, buscando compreender o perfil familiar, o nível de satisfação e as modificações efetuadas nas habitações em função das necessidades dos moradores. A escolha deste conjunto foi motivada pela observação das inúmeras transformações realizadas pelos moradores no módulo habitacional original, construídas para atender as novas demandas familiares. Objetiva-se propor diretrizes projetuais e ações que possam auxiliar entidades públicas/ privadas na elaboração dos projetos de habitações de interesse social através da participação dos moradores ainda na fase projetual, prevendo as ampliações da habitação e sua evolução. Entende-se que quanto maior for a participação dos moradores no desenvolvimento dos projetos de suas moradias, maior será a possibilidade de acomodar desejos e anseios. A identificação das prioridades dos futuros moradores colabora para a melhor apropriação dos espaços após a construção. Projetos de habitação social que consideram possíveis transformações ao longo do tempo contribuem para o conforto térmico e lumínico das casas, o menor desperdício de materiais e para a eficiência dos investimentos públicos.
Palavras-chave: Habitações de interesse social; Avaliação pós-ocupação; Habitação evolutiva.

HOUSING ADAPTATION: A POST-OCCUPANCY EVALUATION IN THE SOCIAL HOUSING COMPLEX EWERTON MONTENEGRO GUIMARÃES IN VILA VELHA-ES.

ABSTRACT
This study presents a post-occupation evaluation applied in the social interest housing complex, Ewerton Montenegro Guimarães, in Vila Velha – ES. The work investigates the family profile, their level of satisfaction and the modifications made in the dwellings according to the needs of the residents. The reason for choosing this particular complex was motivated by the observation of the numerous transformations carried out by the residents on the original housing module, built to meet the newcomers demands. The objective is to propose some project guidelines and actions to help public / private entities in the elaboration of housing projects of social interest through the participation of residents in the beginning of the design stage, in order to anticipate the expansion of housing and its evolution. It is understood that the greater the participation of residents in the projects development of their own dwellings, the greater the possibility of expressing their aspiration, indicating therefore their priorities. Consequently, a more organised appropriation of these spaces and lesser expenses reforms carried out for possible changes in the family's evolution, following the

reduction of public investments for housing projects of social interest as well as improving the quality of residents' life.
Keywords: Social housing; Post-occupation evaluation; Evolutionary housing.

1. INTRODUÇÃO

As habitações de interesse social no Brasil, em sua maioria, atendem às demandas quantitativas e econômicas, em detrimento das qualitativas. Os projetos arquitetônicos, em sua maioria, negligenciam a variabilidade dos perfis familiares, as necessidades plurais dos usuários e a possibilidade da evolução da habitação ao longo do tempo. Os projetos desenvolvem-se a partir do conceito de "habitação mínima", com espaços exíguos planejados para atender necessidades emergenciais. Poucos projetos consideram possibilidades de ampliações ao longo do tempo. A união de um ambiente salubre, seguro, funcional, acessível e bem relacionado com a percepção dos diferentes perfis familiares e suas necessidades, torna-se condição básica para promover a dignidade dos indivíduos (MARTINS ET AL, 2013). Os projetos habitacionais não devem atentar apenas aos aspectos técnicos, mas também às questões subjetivas relacionadas aos modos de vida dos usuários e aos tipos de relação que estes mantêm ou mantinham com o ambiente (ELALI; PINHEIRO, 2013).

A participação da população na produção das habitações de interesse social colabora na produção de moradias capazes de suprir diferentes necessidades e evoluir de forma segura. Planejar a possibilidade de futuras expansões no projeto da habitação social contribui com a sustentabilidade da habitação, uma vez que reduz desperdícios com demolições e ampliações. Esta possibilidade foi planejada nas habitações de interesse social Quinta Monroy em Iquique, no Chile, projetadas pela Elemental. O baixo valor destinado ao financiamento pelo Ministério da Habitação Social Chileno (7.500 dólares por família) levou a Elemental a optar pela construção de um módulo mínimo de 36 m² e planejar um espaço pré-determinado para cada unidade, que pudesse acomodar uma ampliação de 70 m² (figura 1). Este projeto utiliza a estratégia da construção compartilhada que consiste na disponibilização de uma estrutura inicial com a previsão planejada de crescimento da habitação, a cargo do morador (FERNANDES, 2008). O projeto contemplou a participação dos moradores no processo, através de workshops, a fim de compreender desejos e necessidades. (DREXLER; EL KHOULI, 2012).

Figura 1. Expansão da estrutura inicial em 2010 - Quinta Monroy, Iquique, Chile.



Fonte: disponível em: <http://www.elementalchile.cl/en/projects/quinta-monroy> Acesso em: 12 de setembro 2015.

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa é analisar o processo de transformação das habitações sociais do Conjunto Ewerton Montenegro Guimarães, ocorridas em função das demandas familiares, que resultou em modificações no módulo habitacional original. Objetiva-se compreender, através da análise de quatro casos exemplares, as motivações que levaram às transformações e as espacializações ocorridas em função das modificações desejadas.

3. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO NAS UNIDADES HABITACIONAIS DO CONJUNTO HABITACIONAL EWERTON MONTENEGRO GUIMARÃES – RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação pós-ocupação aplicada a empreendimentos habitacionais colabora para a compreensão do comportamento dos moradores e oferece pistas para futuros projetos. Para Malard et al (2002), entender as necessidades da população, conhecendo as diferentes maneiras e formas como se espacializam e seus significados, se traduz em uma estratégia de projeto participativo, pois colabora para a realização de projetos com os quais as pessoas se identificam.
O interesse na avaliação pós-ocupação do Conjunto Habitacional Ewerton Montenegro Guimarães foi motivado pela observação das inúmeras transformações sofridas ao longo dos anos. Desejava-se compreender os anseios que levaram a essas transformações. O Conjunto compreende 112 casas térreas e padronizadas, ocupando uma área total de 25.554,72 m² (figura 2). Situa-se no bairro Nossa Senhora da Penha 2, no município de Vila Velha/ES e foi construído a pedido da Secretaria Municipal de Planejamento Governamental, no Programa Habitar Brasil I/BID. Foi destinado ao reassentamento de 112 famílias residentes em áreas de palafitas no Bairro Dom João Batista em Vila Velha – ES, região considerada como área imprópria à ocupação, com fragilidades ambientais e em situação de precariedade de infraestrutura e acesso a serviços básicos. A unidade habitacional oferecida originalmente possui 34,81 m² de área útil, é geminada e composta por dois quartos (um com 6,25 m² e outro com 8 m²), sala (13,20 m²), banheiro (2,52 m²) e cozinha (4,84 m²) e está inserida em um lote de 72,56 m² (figura 3).

Figura 2. Planta de loteamento do conjunto habitacional Ewerton Montenegro Guimarães e fachada do núcleo habitacional inicial, entregue em 2003.



Fonte: acervo dos autores, 2016

Figura 3. Implantação da unidade habitacional no lote (esquerda) e planta baixa (direita).



Fonte: acervo dos autores, 2016.

3.1 Métodos e procedimentos utilizados

A pesquisa realizou uma avaliação pós-ocupação no empreendimento, utilizando os instrumentos: walkthrough, questionários, preferência visual, poema dos desejos, entrevista, levantamentos físicos e fotográficos. Estas análises permitiram elucidar as ações implementadas pelos moradores diante das inadequações do projeto original, ou ainda, diante das oportunidades de transformação do habitat a partir das exigências de cada família investigada.

Este trabalho apresenta uma parte da pesquisa realizada: uma investigação acerca da evolução ocorrida em quatro casos exemplares de habitações que sofreram modificações. A partir de entrevistas, questionário e levantamentos físicos, buscou-se compreender as formas de uso e apropriação da moradia, correlacionando-as ao histórico de cada família e à narrativa que conduziu a materialização progressiva das reformas executadas.

3.2 Análises e resultados

Os levantamentos realizados indicaram que 47% dos moradores entrevistados dividem a casa com cinco pessoas ou mais, o que demonstra a inadequação do módulo habitacional original ao perfil familiar predominante. Os moradores realizaram uma série de modificações e encontraram muitas dificuldades: o sistema estrutural original era composto por alvenaria estrutural, o que impediu transformações com segurança, havendo necessidade de reforços na fundação e construção de sistema estrutural adicional, com pilares e vigas; o módulo original não possuía laje de cobertura, o que dificultou as expansões verticais; a habitação ocupava 60% do lote e o crescimento para os fundos ocorreu de forma ilegal, uma vez que extrapolava a taxa de ocupação permitida pela legislação. Observou-se ainda que 20% dos moradores entrevistados acrescentaram novos usos para a casa (comerciais/ serviço/institucionais), a fim de atender suas necessidades e ainda, as

necessidades dos demais moradores. As modificações são evidentes ao observar as fachadas (figura 4). As mais frequentes são: aumento do tamanho dos cômodos; mudança de revestimento; aumento do número de quartos; acréscimo de um pavimento; acréscimo nos fundos; construção de varanda; e mudança de uso nos ambientes.

Figura 4. Amostra de cinco casas que através da fachada sinalizam novos usos para as residências e as novas necessidades dos moradores.

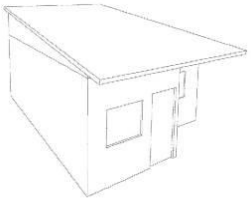
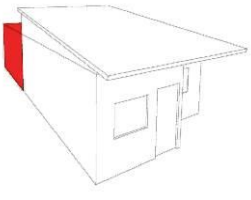
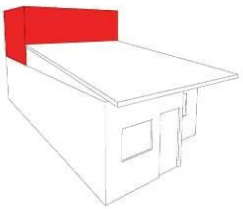


Fonte: acervo dos autores, 2016.

A partir da análise de quatro casos exemplares foi possível compreender as motivações que levaram às transformações da habitação ao longo dos anos, bem como analisar a espacialização das modificações. Os quatro casos são apresentados a seguir.

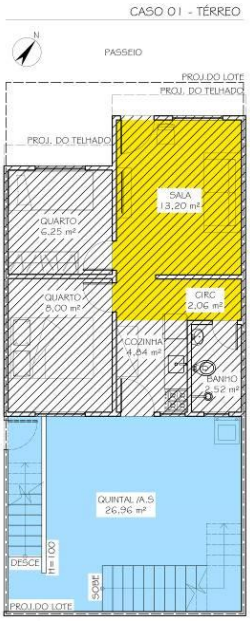
Caso 1 - Residência da Rita: Rita, 69 anos, é dona de casa e moradora do conjunto há 9 anos. Na entrega da casa o perfil familiar era monoparental expandida, composta por Rita, os filhos, um sobrinho e um genro. Encontraram dificuldade em adaptar-se ao espaço restrito, pois com apenas dois quartos era preciso improvisar dormitórios na sala. A primeira reforma realizada foi a construção de uma parede que separa o banheiro da sala, garantindo mais privacidade para quem utilizasse o ambiente e a construção de uma área de serviço nos fundos do terreno. Com o passar dos anos, todos os integrantes da família se mudaram para outros bairros e atualmente Rita vive sozinha, passando de um perfil familiar monoparental expandido para pessoa só. Com a recente possibilidade do retorno de uma das filhas, do genro e do neto, dona Rita cedeu o espaço dos fundos do lote para construção de uma suíte no pavimento superior. Para isto, foi criado um novo acesso na lateral da residência (casa de esquina) e a área de serviço de dona Rita, localizada nos fundos, tornou-se também um hall de acesso para os novos moradores (tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Diagramas representativos da evolução da habitação - caso 1

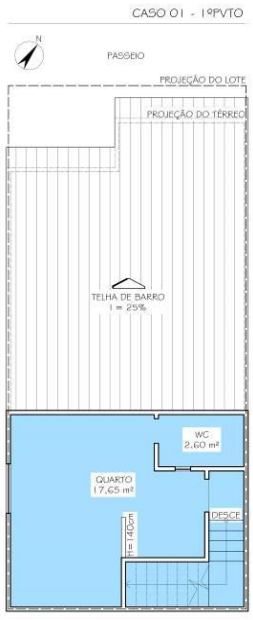
			
Fachada atual	Fase 1	Fase 2	Fase 3

Fonte: acervo dos autores.

Tabela 2. Plantas baixas atuais, com representação das áreas modificadas e ampliadas – caso 1



Primeiro pavimento



Segundo pavimento

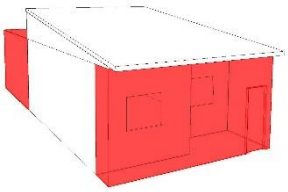


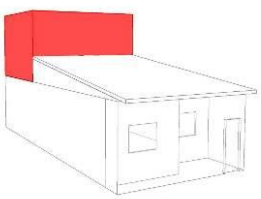
Fonte: acervo dos autores.

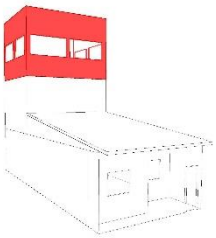
Caso 2 - Residência da Geraldina: Geraldina, 66 anos, é dona de casa, cozinheira e moradora do conjunto há 9 anos. Na entrega da casa o perfil familiar era nuclear, composta por Geraldina, o esposo e a filha. Geraldina iniciou algumas reformas, como a construção de uma parede separando o banheiro da sala, garantindo mais privacidade para quem utilizasse o ambiente; uma varanda na frente, procurando melhorar a estética e a segurança da casa; e a ampliação da cozinha para os fundos, a fim de comportar um fogão industrial e um freezer e tornar mais confortável seu espaço de trabalho. Com o crescimento da filha construíram uma suíte no pavimento superior dos fundos e um terraço com área de serviço no terceiro pavimento. Atualmente, a filha se casou e mudou-se para outro bairro, ficando apenas Geraldina e o esposo. Os moradores não encontraram nenhum problema na execução das reformas, mas tiveram um gasto maior com o reforço da fundação da casa. Geraldina disse que futuramente tem intenção de construir um pavimento acima da casa original para alugar (tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Diagramas representativos da evolução da habitação - caso 2


Fachada atual

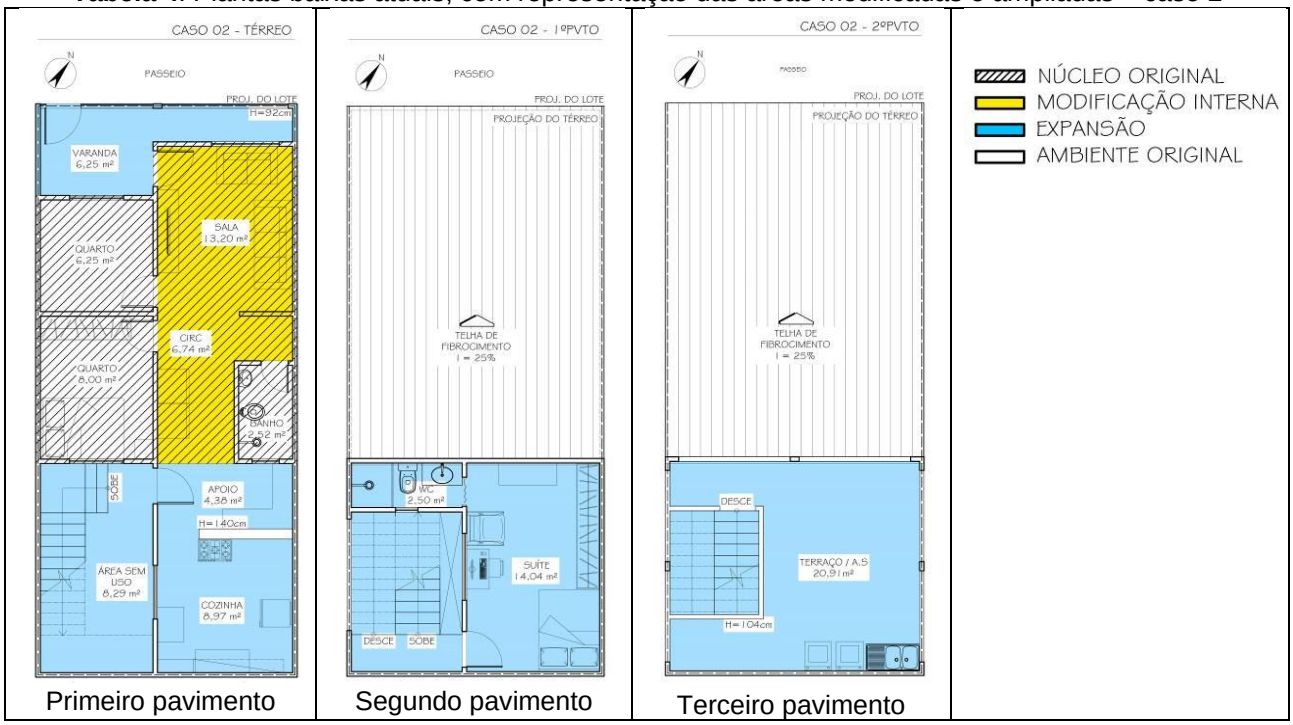

Fase 1


Fase 2


Fase 3

Fonte: acervo dos autores.

Tabela 4. Plantas baixas atuais, com representação das áreas modificadas e ampliadas – caso 2



Primeiro pavimento | Segundo pavimento | Terceiro pavimento

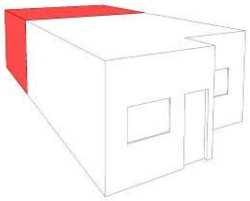
Fonte: acervo dos autores.

Caso 3 - Residência da Luzia: Luzia, 46 anos, é auxiliar de creche e moradora do conjunto há 9 anos. Na entrega da casa o perfil familiar era nuclear e, já prevendo a necessidade de ampliação com o crescimento dos filhos, iniciaram as reformas com a construção da laje superior. Posteriormente, expandiram para os fundos, criando um novo espaço de cozinha e uma área de serviço, pois consideravam a cozinha do projeto original pequena. Com o crescimento dos filhos e o nascimento de uma neta, executou-se o segundo pavimento, onde ficam novos quartos, passando de um perfil familiar nuclear para um perfil familiar nuclear expandido. Por fim, construíram um terraço no terceiro pavimento, que segundo a moradora devem usá-lo para atividades como área de serviço, canil, reuniões familiares, dentre outros. Não pretendem fazer mais nenhuma reforma, apenas possibilitar o acabamento final no interior e exterior da casa (tabelas 5 e 6).

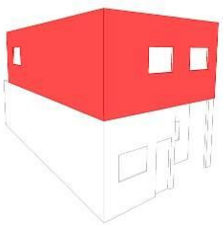
Tabela 5. Diagramas representativos da evolução da habitação - caso 3



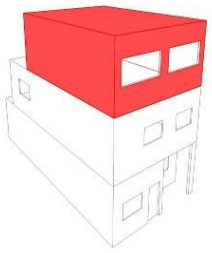
Fachada atual



Fase 1



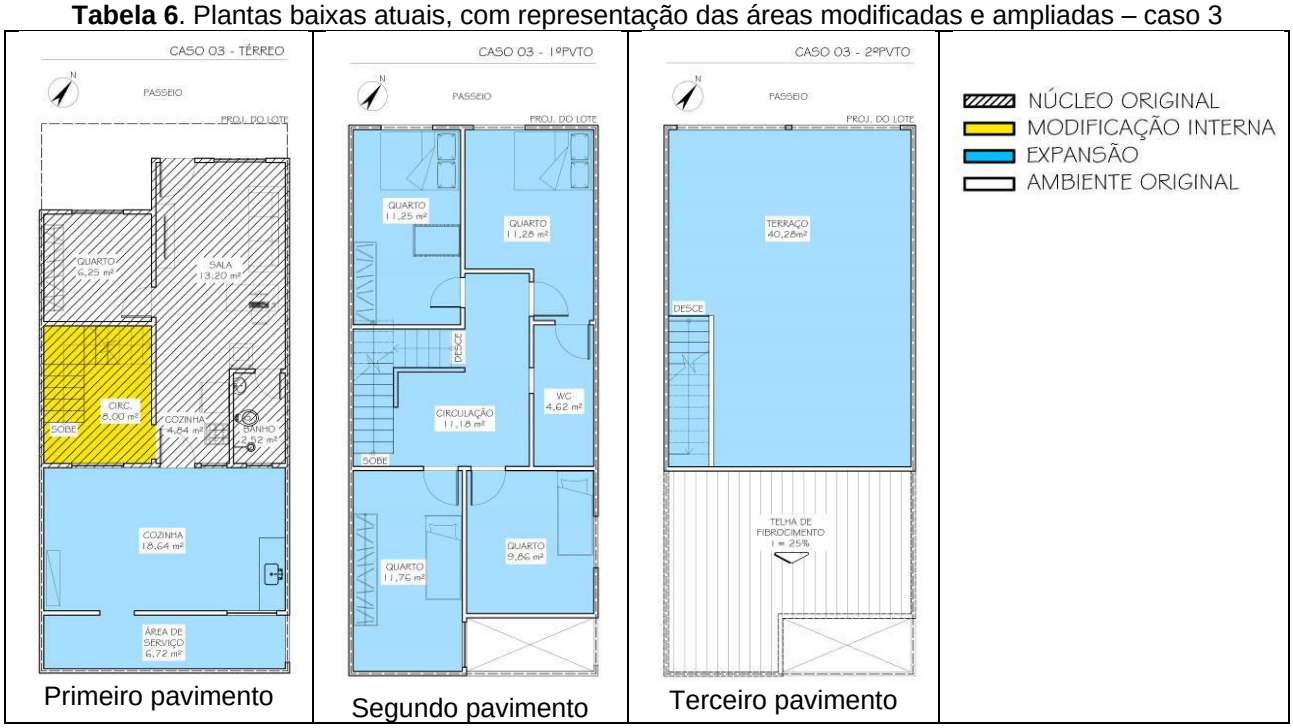
Fase 2



Fase 3

Fonte: acervo dos autores.

Tabela 6. Plantas baixas atuais, com representação das áreas modificadas e ampliadas – caso 3

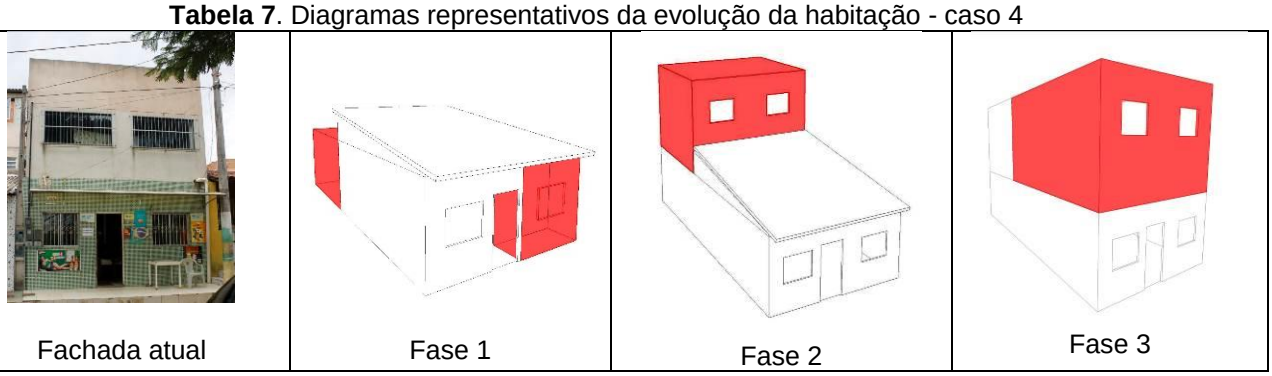


Primeiro pavimento | Segundo pavimento | Terceiro pavimento

Fonte: acervo dos autores.

Caso 4 - Residência da Danusa: Danusa, 27 anos, técnica de enfermagem, estudante e moradora do conjunto há 9 anos. Na família de Danusa o perfil familiar se manteve monoparental, composto por Danusa e sua mãe. Na entrega da casa as moradoras encontraram dificuldade em dar manutenção no piso da casa original, que sem revestimento, acumulava muita poeira, dando início às reformas com a instalação de revestimento cerâmico no piso. A fim de complementar a renda familiar, a casa original foi demolida, adaptando-a para um bar. As acomodações foram construídas nos fundos do terreno. Um problema encontrado após as modificações foi a infiltração na laje do segundo pavimento. Danusa disse que pretende terminar a construção de uma quitinete em cima do bar para alugar e construir um terraço para acabar com a infiltração da laje do segundo pavimento (tabela 7 e 8).

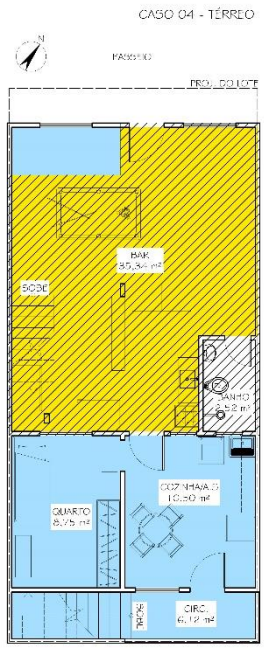
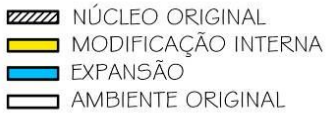
Tabela 7. Diagramas representativos da evolução da habitação - caso 4



Fachada atual | Fase 1 | Fase 2 | Fase 3

Fonte: acervo dos autores.

Tabela 8. Plantas baixas atuais, com representação das áreas modificadas e ampliadas – caso 4

		
Primeiro pavimento	Segundo pavimento	

Fonte: acervo dos autores.

Através dos levantamentos realizados observa-se que a solução técnica e tipológica oferecida aos usuários e a ausência de flexibilidade para possíveis alterações e/ou ampliações comprometeram a qualidade das reformas. Houve demasiada geração de resíduos e desperdício de materiais. Houve grandes demolições e desperdício de materiais. Observou-se que os novos ambientes construídos apresentam dimensionamento inadequado e problemas relacionados ao conforto térmico e lumínico. As soluções estruturais realizadas nas ampliações, sem assistência, são também inseguras e observa-se trincas em vários ambientes. A tabela 9 apresenta um quadro síntese das evidências encontradas e possíveis diretrizes norteadoras de projetos de habitação social, que levem em consideração a acomodação de transformações futuras, com menor geração de resíduos e menos desperdício de materiais. As diretrizes garantem a evolução segura das unidades habitacionais.

Tabela 9. Evidências encontradas na APO e diretrizes projetuais.

EVIDÊNCIAS ENCONTRADAS	DIRETRIZES PROJETUAIS
Os perfis familiares são bastante diversificados e as famílias, em sua maioria, são compostas por mais de cinco pessoas. Moradores sentem-se insatisfeitos quando não conseguem realizar as reformas desejadas, ou as realizam com transtornos e alto custo.	**DIVERSIDADE TIPOLÓGICA.** Deve-se prever em projetos de habitação social a diversidade tipológica das unidades, de forma a atender diversos perfis familiares. Na ausência dessa possibilidade, deve-se oferecer um módulo mínimo com previsão planejada para futuras modificações e ampliações. Deve-se adotar solução estrutural que permita que futuras modificações sejam realizadas com segurança e salubridade.
Mudanças de uso nos ambientes: transformação de cômodos para usos comerciais ou o aluguel de cômodos/pavimentos como unidades independentes.	**FLEXIBILIDADE ESPACIAL** Sempre que possível deve-se permitir a flexibilidade espacial em projeto de habitação social. O conceito de flexibilidade espacial considera a possibilidade da transformação dos cômodos para situações diversas: junção de cômodos (ampliabilidade), mudança de uso (adaptabilidade) (BRANDÃO, 2006; JORGE, 2012).
Dimensionamento inadequados aos layouts desejados pelas famílias.	**ADEQUAÇÃO DO LAYOUT** Adequar o layout e o planejamento dos ambientes ao perfil familiar na proposição do programa da casa.
Ambientes modificados possuem dimensões inadequadas, são desconfortáveis, com ventilação e iluminação inadequadas.	**ASSISTÊNCIA PARA FUTURAS AMPLIAÇÕES** Garantir assistência técnica contínua para as futuras modificações das unidades habitacionais.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho traz à tona a importância em compreender as necessidades dos moradores na elaboração dos projetos habitacionais de interesse social e traduzi-las em requisitos de projeto, considerando aspectos culturais e comportamentais. Na medida em que a oferta da habitação procura resolver necessidades emergenciais, com verbas limitadas, é necessário oferecer módulos mínimos planejados para acomodar expansões e modificações, facilitando futuras adaptações das moradias, de acordo com as demandas familiares. As expansões planejadas podem ser possibilitadas em projetos que contemplem conceitos de flexibilidade, através da articulação dos sistemas estruturais, construtivos e de instalações, de forma a colaborar com as eventuais modificações da casa. Diversas pesquisas procuram investigar estratégias de flexibilidade na habitação, como a de Brandão (2002) e Jorge (2012). Tais estratégias podem ser adaptadas para habitações de interesse social.

As avaliações pós-ocupação e o envolvimento do usuário nos processos projetuais garantem não só o atendimento às necessidades dos moradores como também a proposição de estratégias qualitativas que visam uma melhoria dos futuros projetos de habitações de interesse social. Os resultados extraídos nesse trabalho demonstram que além da pouca flexibilidade e funcionalidade das habitações originais do conjunto habitacional Ewerton Montenegro Guimarães, a falta de acompanhamento de profissional qualificado nas reformas realizadas ocasionou uma série de problemas construtivos e funcionais às residências. Diante disto, é necessário que a política habitacional trate não somente da oferta quantitativa da habitação social, mas também se preocupe com a qualidade projetual e a evolução da habitação ao longo do tempo, de forma a atender

satisfatoriamente as necessidades dos moradores, evitando desperdícios, tanto dos investimentos públicos quanto dos investimentos privados feitos pelos próprios moradores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDÃO, Douglas Queiroz. **Diversidade e potencial de flexibilidade de arranjos espaciais de apartamentos:** uma análise do produto imobiliário brasileiro. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRANDÃO, Douglas Queiroz. **Habitação social evolutiva:** aspectos construtivos, diretrizes para projetos e proposição de arranjos espaciais flexíveis. Cuiabá: CEFETMT, 2006.

DIGIACOMO, Mariuzza Carla. **Estratégias de projeto para habitação social flexível.** Dissertação (Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

DREXLER, Hans; KHOULE, Sebastian El. **Holistic housing:** concepts, design strategies and processess. 1nd ed. Germany: Detail, 2012.

ELALI, Gleice Azambuja; PINHEIRO, José Q. **Analisando a experiência do habitar:** algumas estratégias metodológicas. In: VILLA, Simone Barbosa; ORNSTEIN, Sheila Walbe (Orgs.). Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. cap. 1. P. 15-35.

FERNANDES, Andressa. **Construção compartilhada.** Revista AU, São Paulo, n. 172, p. 48-53, 2008.

GALVÃO, Walter José Ferreira; ORNSTEIN, Sheila Walbe; ONO, Rosária. Avaliação pós-ocupação em empreendimentos habitacionais no Brasil: da reabilitação aos novos edifícios. In: VILLA, Simone Barbosa; ORNSTEIN, Sheila Walbe (Orgs.). **Qualidade ambiental na habitação:** avaliação pós-ocupação. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. cap. 2. P. 36-52.

IMAI, César. **O sonho da moradia no projeto:** o uso da maquete arquitetônica na simulação da habitação social. 1.ed. Maringá: Eduem, 2010.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Déficit habitacional no Espírito Santo com base no CadÚnico.** Vitória, 2015.

JORGE, Liziane de Oliveira. **Estratégias de flexibilidade na arquitetura residencial.** Tese de doutorado (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MALARD, Maria Lúcia et al. **Avaliação pós-ocupação, participação de usuários e melhoria de qualidade de projetos habitacionais:** uma abordagem fenomenológica. In: ABIKO, Alex Kenya; ORNSTEIN, Sheila Walbe (Eds.). Inserção urbana e avaliação pós-Ocupação (APO) da habitação de interesse social. São Paulo: FAU-USP, 2002. (Coletânea Habitare/Finep, v. 1). cap. 9. P. 242-267.

MARTINS, Marcele Salles et al. **Projeto de habitações flexíveis de interesse social.** Campinas: Oculum ens, 2013.

257. AVALIAÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL PRODUZIDA POR SISTEMA CONSTRUTIVO INOVADOR EM SVVIE DE PVC SOBRE OS PRECEITOS DA SINAT 004

ORTOLAN, Vinicius[*1](vortolan@unisinos.br); RISSARDI, Cristyan[1] (Cristyanz@unisinos.br); SOUZA, Camila[1](cnatur@unisinos.br); LEUCK, Pedro[1] (pedro_leuck@hotmail.com); KASPARY, Jordan[1] (jkaspary@unisinos.br);)*

[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

Os sistemas construtivos inovadores incorporam tecnologia à construção civil nacional e fomentam a redução de resíduos, agilidade nos processos e diminuição do tempo de obra. Porém, para a adoção destes sistemas construtivos sem normatização nas construções de interesse social brasileiras, necessita-se a avaliação quanto aos preceitos do Sistema Nacional de Avaliação Técnica – SINAT. Para a análise do sistema construtivo com parede de PVC, objetivou-se a avaliação segundo as exigências da Diretriz SINAT 004 para sistemas construtivos constituídos por paredes de PVC para a habitação social. Feito as análises necessárias, considerou-se o método construtivo investigado com comportamento satisfatório e apto para utilização em todo o território nacional.

Palavras-chave: Casas de PVC; Habitação Social; Sistema Construtivo Inovador.

EVALUATION OF SOCIAL HOUSING PRODUCED BY INNOVATIVE CONSTRUCTIVE SYSTEM IN VERTICAL PVC SEALING SYSTEMS ON SINAT 004 PRECAUTIONS

ABSTRACT

Innovative construction systems bring technology to the national construction industry and promote waste reduction, agility on the construction processes and reduced time of execution. However, when adopting this no standardized systems in the Brazilian social housing construction, it is necessary to rate the National System for Technical Evaluating – SINAT (in Portuguese initials) requirements. The innovative construction systems with PVC walls was evaluated according to the SINAT 004 Guideline for social housing. After the required testing, the construction method is considered satisfactory and able to be used throughout the national territory.

Keywords: PVC Housing, Social Housing, Innovative Construction System.

1. INTRODUÇÃO

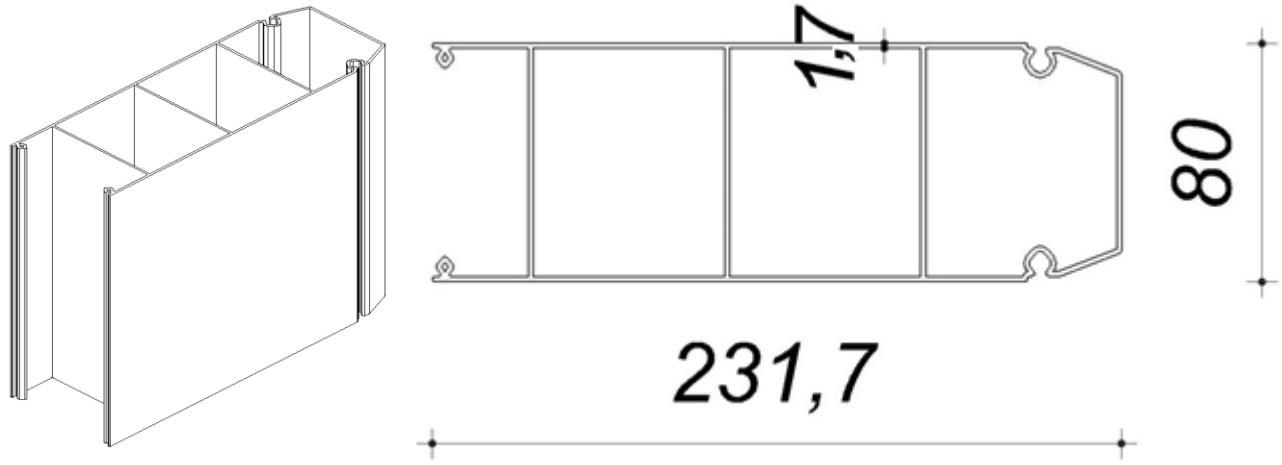
A busca constante por melhoria e satisfação do cliente, objetivando o desempenho e durabilidade das edificações, são os principais fomentadores do desenvolvimento de novos produtos e sistemas inovadores (HUPPERTZ, 2007).

As principais justificativas pela adoção de inovações na construção são referentes à redução de custos na produção, agilidade dos processos construtivos, produtividade, diminuição de desperdícios (REZENDE; BARROS; ABIKO, 2002).
Inovações nas construções objetivam a economia, aumentar a produtividade e melhoria nos processos construtivos, valorizando assim as etapas construtivas, assim como gerando valor aos requisitos dos usuários, contribuindo ao menor esforço para manter o desempenho da edificação durante a vida útil (SANCHES; FABRÍCIO, 2012).
Desta forma, os produtos inovadores são primordiais para intensificar a competividade da construção, porém, deparam-se com a resistência de implantação no mercado, acredita-se que pode ser reduzida com a elucidação das características técnicas do produto, obtidas por meio de aprofundadas avaliações técnicas (AMANCIO; FABRICIO; MITIDIERI, 2012).
Os sistemas inovadores demandam um importante investimento de estudo e avaliações do produto antes e após ocupação, a fim de minimizar os insucessos com a implantação na construção brasileira. Deve-se ainda destacar o papel fundamental dos programas governamentais, regulamentando, fiscalizando e fomentando o uso e implementação dos sistemas inovadores (REZENDE; BARROS; ABIKO, 2002).
Deve-se, impreterivelmente, o sistema inovador comprovar seu desempenho, entre outras informações, para permissão de comercialização e financiamento pelo órgão financiador federal, Caixa Econômica Federal. O mérito da avaliação é creditável ao produto e ao fabricante, comprovando assim requisitos técnicos essenciais de desempenho, em concordância com a norma ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais - Desempenho (AMANCIO; FABRICIO; MITIDIERI, 2012).
Sistemas construtivos inovadores são conceituados como produtos ou processos construtivos que não possuem norma técnicas brasileiras prescritivas, logo, a avaliação técnica deve ocorrer além da norma NBR 15575:2013, no Brasil, deve-se ainda proceder a avaliação técnica do produto segundo os preceitos da Diretriz SiNAT – Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores, que está vinculada ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), subordinado ao Ministério das Cidades (Ministério das Cidades, 2007). A SINAT objetiva orientar com critérios de desempenho e métodos de avaliações relacionadas à durabilidade, desempenho térmico, acústico, estrutural, resistência ao fogo e estanqueidade.
Um dos sistemas construtivos inovadores que se mostra aplicável é o de Sistema de vedação vertical interno e externo composto por perfis de PVC preenchidos com concreto. Este sistema representam uma tecnologia recente no mercado brasileiro e em expansão.

1.1 Sistema construtivo de PVC

O sistema construtivo consiste em paredes estruturais compostas por perfis de PVC extrudados que se encaixam por deslizamento, preenchidas com concreto autoadensável. Os perfis desempenham a função de formas para concretagem e revestimento e acabamento final do sistema. O concreto autoadesável atende os requisitos pertinentes à execução de paredes de concreto apresentados na NBR 15823:2010.
As paredes possuem espessura total de 80 mm, sendo que cada face do perfil de PVC possui 1,7 mm. A Figura 1 ilustra a geometria e as dimensões dos perfis de PVC avaliados, cujos encaixes entre perfis são do tipo macho e fêmea.

Figura 1. Geometria dos perfis de PVC



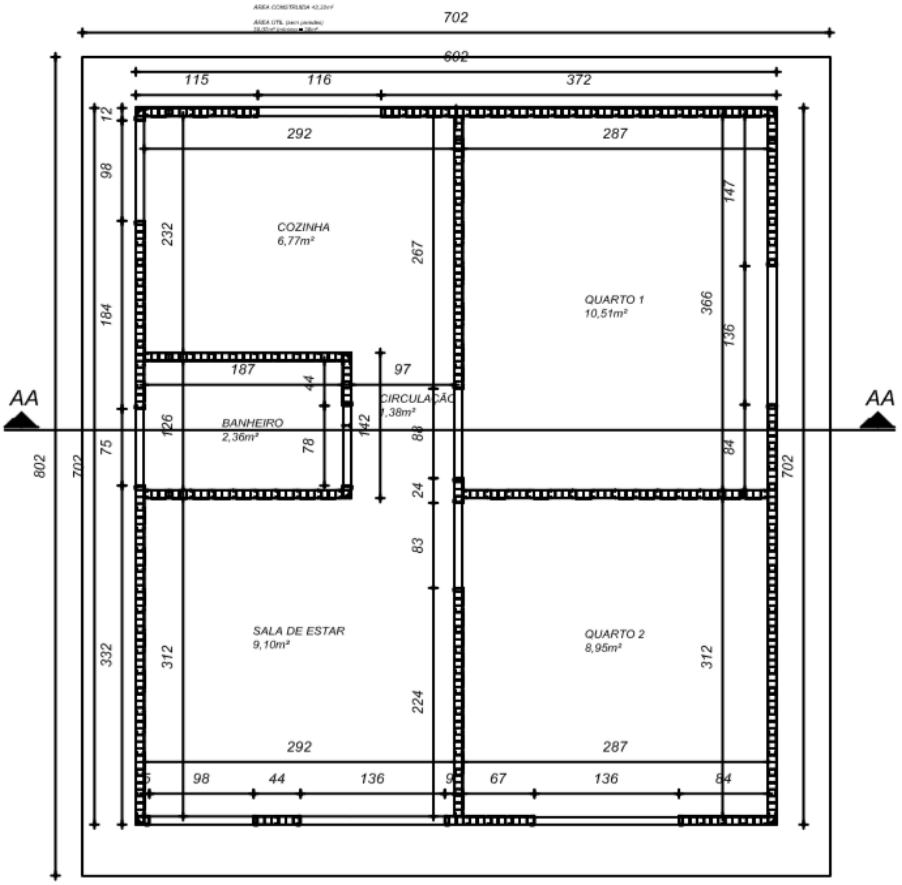
2. OBJETIVO

Em concordância com os preceitos do sistema de homologação junto ao Ministério das Cidades, orientado pela Diretriz SiNAT 004, objetiva-se avaliar o sistema de vedação vertical interno e externo (SVVIE) compostos por perfis de PVC preenchidos com concreto, quanto aos preceitos de segurança contra incêndio, desempenho estrutural, desempenho acústico e térmico, discriminados e orientados pela ABNT NBR 15575:2013.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida com base nos procedimentos e exigências prescritos na Diretriz SiNAT 004 – Sistema construtivos formados por paredes estruturais constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto (Sistemas de paredes com formas de PVC incorporadas). A Diretriz SiNAT 004 exige avaliações quanto ao comportamento e características dos componentes, concreto e PVC, e ainda do sistema e seus intervenientes, quanto ao desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade à água, desempenho térmico e acústico e, ainda, quanto à durabilidade do sistema.
Conforme o objetivo proposto, a análise se ateve apenas à avaliação do comportamento do sistema quanto ao desempenho estrutural, segurança contra incêndio, desempenho acústico e térmico.
Para as avaliações do comportamento acústico, térmico e estrutural, adotou-se uma edificação padrão térrea, com área de 42 m², compreendido por dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro. A Figura 2 apresenta a planta baixa da edificação avaliada, cujas paredes, internas e externas possuem altura de 285 cm.

Figura 2. Planta baixa da edificação avaliada



O comportamento mecânico do SVVIE, caracterizado pelo desempenho estrutural, foi avaliado quanto à resistência aos impactos de corpo mole e corpo duro, ações de cargas suspensas e solicitações transmitidas por portas para as paredes.

O método de ensaio para a determinação da resistência ao impacto de corpo mole foi realizado seguindo os preceitos da norma ABNT NBR 11675:2011 – divisórias leves internas moduladas – verificação da resistência aos impactos, porém as energias de impacto seguiram as exigências da norma ABNT NBR 15575:2013. As paredes externas devem ser solicitadas em ambas as faces, externa e interna, com energias de impacto de 720 J e 480 J, respectivamente. Para as paredes internas, apenas uma face é solicitada, e o impacto foi de 360 J. Todos os impactos devem ser desenvolvidos no centro do vão e à meia altura.

Para a verificação de resistência ao impacto de corpo duro, as paredes externas são solicitadas em ambas as faces. Já nas paredes internas, apenas uma face sofre os impactos. O ensaio para esta avaliação seguiu as orientações da norma ABNT NBR 15575:2013. A face externa da parede externa é abalroada com esfera metálica nas energias de 3,75 J e 20 J. Já a face interna do sistema exerno, assim como as paredes do sistema interno, foram solicitadas com energias de 2,5 J e 10 J. Como na resistência ao impacto do corpo mole, o corpo duro atinge a região de centro de massa da parede, não necessariamente no mesmo local, os impactos devem ser realizados em locais aleatórios. Diferentemente do ensaio de corpo mole, os impactos de corpo duro são realizados em pontos aleatórios e distintos.

As ações transmitidas por portas foram avaliadas segundo as diretrizes da norma ABNT NBR 15575:2013. Para tal, tanto as portas externas como as internas sofreram operações de fechamento brusco e impactos de corpo mole com energia de 240 J em seus respectivos centros geométricos. As portas do sistema interno sofreram impactos de corpo mole apenas no seu sentido de fechamento. Entretanto, as portas do sistema externo foram impacatadas em ambos os sentidos, abertura e fechamento.

Quanto a resistência às cargas suspensas, o método de ensaio também foi guiado pela norma ABNT NBR 15575:2013, sendo que a parede interna foi solicitada por uma peça suspensa fixada por mão francesa à uma carga total de 1 kN.

A avaliação do desempenho acústico de fachadas ocorreu conforme a norma ISO 140-5:1988 - *Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades*, vigente no instante do ensaio, norma esta substituída pela ISO 16283-1:2014 - *Acoustics -- Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation*. Salienta-se que para a determinação dos resultados da fachada, adotou-se a parede com esquadria, por acreditar ser a pior situação.

A análise do desempenho térmico adotou o procedimento de simulação determinado pela norma ABNT NBR 15575:2013. Para isto, contou-se com o auxílio do software *Energy Plus*. Para viabilização da análise, admitiu um sistema de cobertura composto por telhas cerâmicas e forro de PVC com isolamento térmico de EPS com espessura de 50 mm. Atribui-se, ainda, esquadrias de PVC do tipo de correr de duas folhas com vidro de 3 mm de espessura.

Para a verificação da segurança contra incêndio, analisou-se apenas o comportamento quanto a resistência ao fogo. Para isto, confeccionou-se uma amostra padrão, cujas dimensões de 315 cm x 300 cm, simulando seus vínculos com as adjacentes. A verificação da resistência ao fogo foi baseada pela norma ABNT NBR 10636:1989 – Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo, a qual segue o acréscimo de temperatura uma curva padrão, com isto pode-se obter respostas quanto as características de estabilidade estrutural, estanqueidade e isolamento térmico, bem como comportamentos específicos relevantes à segurança contra incêndio.

Tanto para produção da unidade habitacional (protótipo) e amostra padrão, utilizou-se o concreto autoadensável com resistência à compressão de 20 MPa, de classe de espalhamento SF2 (650-750 m) e classe de viscosidade plástica aparente t500s. Salienta-se que as SVVIE não são armadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho estrutural

4.1.1 Comportamento ao impacto de corpo mole

Os resultados da verificação ao impacto de corpo mole em paredes externas e internas são apresentados nas Tabela 001 e 02, respectivamente.

Tabela 01. Resultados do ensaio de impacto de corpo mole em paredes externas.

Impacto	Energia de impacto de corpo mole J	dh (mm)	dhr (mm)	Avaliação de desempenho
Impacto face Externo	720	2,37	0,56	Não ocorreu ruína da parede
	480	1,91	0,42	Não ocorreu ruptura da parede
	360	1,59	0,38	Não houve falhas na parede ou no revestimento de PVC. Deslocamentos inferiores à dh≤h/250 (10,60mm); dhr≤h/1250 (2,12mm)
	240	1,52	0,35	Não houve falhas na parede ou no revestimento de PVC
	180	0,78	0,00	Não houve falhas na parede ou no revestimento de PVC
	120	0,73	0,33	Não houve falhas na parede ou no revestimento de PVC
Impacto face Interno	480	*	**	Não houve ruina ou transpasse da parede pelo corpo impactador
	240	5,25	**	Não houve ruína ou transpasse da parede pelo corpo impactador
	180	2,84	0,68	Não houve falhas na parede ou no revestimento de PVC
	120	1,00	0,00	Não houve falhas na parede ou no revestimento de PVC, Deslocamentos inferiores à dh≤h/250 (10,60mm); dhr≤h/1250 (2,12mm)

* Não foi possível a coleta da deformação instantânea no impacto de corpo mole com energia de 480J.
** Não foi possível a coleta da deformação residual no impacto de corpo mole com energias de 240 e 480J

Tabela 02. Resultados do ensaio de impacto de corpo mole em paredes internas

Impacto	Energia de impacto de corpo mole J	dh (mm)	dhr (mm)	Avaliação de desempenho
Parede interna	360	1,16	0,18	Não ocorreu ruptura da parede
	240	1,03	0,15	Não houveram falhas localizadas na parede e no revestimento de PVC
	180	0,97	0,09	Não houveram falhas generalizadas nas paredes e no revestimento de PVC
	120	0,53	0,05	Não houveram falhas na parede ou no revestimento de PVC. Deslocamentos inferiores à dh≤h/250 (13 ,60mm); dhr≤h/1250 (2,72mm)
	60	0,00	0,02	Não houveram falhas na parede ou no revestimento de PVC

Desta maneira, o sistema construtivo analisado através dos ensaios de corpo mole em ambas as faces da parede externa e na parede interna apresentaram comportamento satisfatório, pois o deslocamento, tanto instantâneo e quanto o residual para as energias de 360 J e 120 J, na face

externa e face interna, respectivamente para a parede externa. Sendo os deslocamentos obtidos inferiores à h/250 quanto ao deslocamento instantâneo e h/1250 para o deslocamento residual. Ainda assim, em nenhuma das energias de impacto observou-se danos ou falhas que comprometessem a estabilidade estrutural do sistema.
Quanto ao comportamento às solicitações de impacto de corpo duro, os resultados obtidos são expressos na tabela 03.

Tabela 03. Resultados do ensaio de impacto de corpo duro

Ensaio	Impacto	Energia de impacto de corpo duro (J)	profundidade da mossa p (mm)	Avaliação de desempenho
Parede externa	Impacto Externo	3,75	0,00	Não houveram falhas ou mossas p>2,00mm
		20	0,00	Não houve falhas, mossas, ruptura ou transpasse
	Impacto Interno	2,5	0,00	Não houveram falhas ou mossas p>2,00mm
		10	0,00	Não houve falhas, mossas, ruptura ou transpasse
Parede interna	Parede interna	2,5	0,00	Não houveram falhas ou mossas p>2,00mm
		10	0,00	Não houve falhas, mossas, ruptura ou transpasse

As mesmas paredes solicitadas pelos impactos de corpo mole sofreram os impactos de corpo duro, e as avaliações são referentes à profundidade das mossas e ocorrência de falhas. Observou-se o não surgimento de falhas ou mossas no revestimento de PVC, revelando-se, o PVC, um material de revestimento resistente à impacto de corpo duro.
Ao ser verificados quanto às ações transmitidas por portas internas e externas, os resultados se mostraram satisfatórios, pois, tanto aos impactos de corpo mole quanto os fechamentos bruscos, não manifestaram falhas, cisalhamento ou qualquer outro dano na região compreendida entre o marco e o perfil de PVC.
As solicitações às cargas suspensas, os resultados são apresentados na tabela 04, salienta-se que à carga total de 1,00 kN foi mantida pelo período de 24 horas sem que houvesse deslocamento das fixações.

Tabela 04. Resultados do ensaio de resistência às solicitações de cargas de peças suspensas

Carga de uso aplicada em cada ponto (kN)	Carga de uso aplicada na peça (kN)	dh (mm)			dhr (mm)			Avaliação de desempenho
		Inferior	Central	Superior	Inferior	Central	Superior	
0,50	1,00	-0,054	-0,190	-0,214	-0,195	-0,190	-0,054	Não houve deslocamentos dh>h/500(6,8mm); dhr>h/2500 (1,36mm)

Ao termino do período de 24 horas observou-se que em todas as tomadas de deslocamento, superior, inferior e centro da parede, o deslocamento instantâneo e residual, manifestaram-se

inferiores aos máximos prescritos pela norma ABNT NBR 15575:2013. Caracterizando assim o sistema apto à sustentação de cargas de até 1 kN.

4.2 Desempenho acústico

O resultado do isolamento sonoro global da vedação externa, fachada, a fim de caracterizar de forma direta o comportamento acústico do sistema e ainda para classificação quanto à qual classe de ruído a edificação em estudo poderá ser executada. O ensaio foi verificado no ambiente, Quarto 2, cuja janela de PVC de abrir com duas folhas moveis de vidro 3 mm, na dimensão de 120 cm x 135 cm e porta em PVC com dimensão de 80 cm x 210 cm. A área do ambiente é de 18,6 m², volume de,65,3 m³ e área de fachada de 8,51 m².

Vale salientar, que o resultado obtido restringe apenas ao volume avaliado, não pode ser passível de utilização para outras geometrias.

A diferença padronizada de nível ponderado promovida pela vedação externa, contemplando as esquadrias foi de 35 dB.

Podendo então, este projeto, para estes volumes e esquadrias, ser edificado em todas as três classes de ruído.

Quanto ao isolamento sonoro entre ambientes internos, esta verificação deve ocorrer sempre quando a edificação for do tipo geminada, ou com paredes entre áreas comuns, como a edificação em estudo é do tipo isolada, ou seja, sem geminação ou proximidade de áreas comuns, esta verificação não se faz necessário.

4.3 Desempenho térmico

Os resultados obtidos da análise computacional são apresentados na tabela 05, a qual ilustra o comportamento da temperatura interna quando o ambiente externo apresenta seus valores característicos de dias tipos de verão e inverno.

Tabela 05. Comportamento da temperatura interna

ZB	Temp. externa	Temperatura interna (°C)[1]			Nível de desempenho
		Sala	Dorm. 1	Dorm. 2	
1	27,11 (verão)	25,51	26,66	26,06	**Atende**
	9,63 (inverno)	14,42	14,35	14,49	**Atende**
2	32,10 (verão)	30,52	30,60	30,03	**Atende**
	10,33 (inverno)	13,60	13,51	13,61	**Atende**
3	30,58 (verão)	28,62	28,94	28,18	**Atende**
	14,79 (inverno)	17,84	17,79	17,95	**Atende**
4	25,25 (verão)	24,43	24,61	23,86	**Atende**
	16,10 (inverno)	19,50	19,38	19,50	**Atende**
5	33,29 (verão)	31,27	31,64	30,66	**Atende**
	10,80 (inverno)	14,28	14,20	14,27	**Atende**
6	33,66 (verão)	32,35	32,62	31,70	**Atende**
7	37,01 (verão)	34,45	34,90	33,98	**Atende**
8	31,73 (verão)	30,56	30,65	30,09	**Atende**

Salienta-se que conforme a norma ABNT NBR 15220:2005, para o verão, as zonas bioclimáticas 1 à 8 devem apresentar temperatura interna inferior que a externa, já para o inverno, a temperatura interna deve apresentar 3ºC superior à temperatura externa. Comportamento este, apresentado na edificação estudada para todas as zonas bioclimáticas, caracterizando assim, a edificação apta para todo o território nacional.

4.4 Segurança contra incêndio

4.4.1 Resistência ao fogo

A verificação da resistência ao fogo teve duração de uma hora, ou seja, 60 minutos. Aos 8 minutos de ensaio, houve registro da passagem de fumaça por entre as juntas dos perfis de PVC, porém, fumaças estas, incapazes de inflamar o algodão, aos 20 minutos de ensaio há liberação de água do concreto. Após estes fatos, nenhum outro episódio foi documentado, apenas a verificação de inflamação do algodão se manteve nas regiões de passagem de fumaça.

Caracteriza-se então que após o ensaio, mesmo com deslocamento acentuado de 85 mm, a amostra apresentou comportamento estável, preservando a estabilidade estrutural. A estanqueidade do sistema se mostrou adequado, pois não foi verificado passagem de gases quentes para o lado externo pela amostra capaz de inflamar o chumaço de algodão. Quanto o isolamento térmico, o acréscimo de temperatura não foi suficiente para elevar a temperatura média externa à 140ºC, alcançando apenas à 79,4ºC, tampouco a temperatura máxima atingiu a marca de 140ºC em qualquer dos termopares, a temperatura máxima registrada foi de 79,4ºC no termopar central.

Por a edificação em estudo possui apenas pavimento térreo, e segunda a SiNAT 004, as edificações térreas devem apresentar tempo de resistência ao fogo mínima de 30 minutos. Perfazendo assim, o sistema em estudo apto à estas edificações térreas.

4.4.2 Reação ao fogo

O sistema de paredes de PVC preenchidas com concreto não foi analisado quanto a reação ao fogo. Vale salientar que o PVC por tratar-se de um material polimérico pode liberar gases tóxicos, desta forma, recomenda-se para trabalhos futuros a realização dos ensaios que possibilitarão a determinação da reação ao fogo do sistema analisado.

5. CONCLUSÃO

Feito as avaliações do comportamento estrutural, resistência ao fogo, desempenho acústico e térmico, conforme preconiza a Diretriz SiNAT 004, a edificação constituída pelo sistema construtivo com paredes internas e externas estruturais compostas por perfis de PVC preenchidos com concreto, com forro de PVC com isolamento em EPS, telhas cerâmicas e esquadrias de PVC, apresentou comportamento satisfatório entre os requisitos avaliados. Sendo o sistema analisado, portanto, para os critérios avaliados, apto para disseminação e construção em todo o território nacional, na forma de edificações residenciais térreas e isoladas, desde que não haja quaisquer alterações no projeto analisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575: Edifícios habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11675: Divisórias leves internas moduladas – verificação da resistência aos impactos. Rio de Janeiro, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005a.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10636: Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo. Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT - - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989.

AMANCIO, R.; FABRICIO, M. M.; MITIDIERI FILHO, C. V. Avaliações técnicas de produtos de construção inovadores no Brasil. Jornadas engenharias para a sociedade, Lisboa, 2012.

BRASIL. Regimento Geral do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) de produtos inovadores. Ministério das cidades. 13 de Agosto de 2007.

BRASIL. Sistemas construtivos formados por paredes estruturais constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto (Sistemas de paredes com formas de PVC incorporadas) Nº 004. Ministério das cidades. Setembro de 2010.

HUPPERTZ, J. W. Firms' complaint handling policies and consumer complaint voicing. Journal of Consumer Marketing, v. 24, n. 7, p. 428-437, 2007.

REZENDE, M. A. P.; BARROS, M. M. S. B.; ABIKO, A. K. (2002). Barreiras e facilitadores da inovação tecnológica na produção de habitações populares. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2002. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu. 2002.

SANCHES, I. D.; FABRICIO, M. M. Desenvolvimento de critérios para avaliação da manutenção e homologação de sistemas construtivos inovadores. XIV Encontro de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2012.

264. DESEMPENHO TÉRMICO x SUSTENTABILIDADE x CUSTO PARA SISTEMAS DE VEDAÇÃO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

MACHADO, Jéssica de Mello[*1](jessicadmm@hotmail.com); NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida*[1] *(edna.rodrigues@ufes.br); ALVAREZ, Cristina Engel de*[1] *(cristina.engel@ufes.br)*
[1]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
Com o número crescente de edificações residenciais multifamiliares de interesse social, os aspectos relacionados às propriedades térmicas dos materiais construtivos destacam-se nas normas de desempenho especialmente na definição de diretrizes para a criação de ambientes termicamente mais confortáveis, com redução no uso de equipamentos mecânicos para o controle das temperaturas. É de suma importância que o processo projetual considere, entre outros fatores considerados como primordiais, a qualidade de vida e a proteção ao meio ambiente, promovendo a inclusão social e a sustentabilidade, principalmente na etapa de escolha dos materiais, que exercem grande influência sobre consumo energético da edificação. Esta pesquisa objetivou analisar comparativamente o desempenho térmico, o nível de sustentabilidade e o custo dos materiais de construção comumente utilizados para o sistema de vedação vertical composto por paredes em bloco cerâmico e bloco de concreto, em edificações de interesse social, ventiladas naturalmente para a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV)-ES. A metodologia foi estabelecida em três etapas: 1. Modelagem, configuração e simulação, utilizando o *software DesignBuilder*; 2. Avaliação do nível de sustentabilidade para cada um dos materiais através da ferramenta ISMAS (Instrumento para Seleção de Materiais mais Sustentáveis); e 3. Levantamento dos custos de cada material, analisando as etapas comparativamente. Os resultados apontaram uma pequena diferença entre os materiais empregados, entretanto, a utilização de blocos de concreto definiram níveis de conforto insatisfatórios, enquanto o emprego de blocos cerâmicos apresentou uma melhora significativa, reduzindo a carga térmica no interior dos ambientes. Além disso, os blocos cerâmicos possuem valor comercial inferior ao dos blocos de concreto, caracterizando-se ainda por serem materiais mais sustentáveis, destacando o uso como uma alternativa mais adequada quando se deseja alcançar melhores níveis de conforto térmico, com maior grau de sustentabilidade e economia, dentre os materiais comumente utilizados para edifícios habitacionais de cunho social.
Palavras-chave: Desempenho térmico; Sustentabilidade; ISMAS; Simulação computacional; *DesignBuilder*.

THERMAL PERFORMANCE x SUSTAINABILITY x COST FOR SEALING SYSTEMS IN ROOMS OF SOCIAL INTEREST

ABSTRACT
With the growing number of multifamily residential buildings of social interest, the aspects related to the thermal properties of building materials stand out in the norms of performance especially in the definition of guidelines for the creation of thermally more comfortable environments, with reduction in the use of mechanical equipment for the control of temperatures. It is extremely important that the design process considers, among other factors considered as primordial, quality of life and protection of the environment, promoting social inclusion and sustainability, especially in the stage of choice of

materials, which exert a great influence on the energy consumption building. The objective of this research was to analyze the thermal performance, the sustainability level and the cost of the construction materials commonly used for the vertical sealing system composed of ceramic block walls and concrete blocks, in buildings of social interest, naturally ventilated for the Region Metropolitan of the Great Vitória (RMGV) - ES. The methodology was established in three stages: 1. Modeling, configuration and simulation, using the software DesignBuilder; 2. Assessment of the level of sustainability for each of the materials through the tool ISMAS (Instrument for Selection of More Sustainable Materials); and 3. Survey the costs of each material by analyzing the steps comparatively. The results indicated a small difference between the materials used, however, the use of concrete blocks defined unsatisfactory levels of comfort, while the use of ceramic blocks showed a significant improvement, reducing the thermal load inside the environments. In addition, ceramic blocks have a lower commercial value than concrete blocks. They are also more sustainable materials, emphasizing the use as a more adequate alternative when achieving better levels of thermal comfort, with a higher degree of sustainability and economy, among the materials commonly used for social housing buildings.
Keywords: Thermal performance; Sustainability; ISMAS; Computer simulation; DesignBuilder.

1. INTRODUÇÃO

A habitação social no Brasil tem se tornado um tema recorrente no cenário atual em consequência do alto déficit imobiliário do país, estimado em aproximadamente 5,8 milhões de moradias (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2015). A tentativa governamental em sanar este problema, por meio dos programas de incentivo à compra da casa própria, como o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV, vem promovendo um desenvolvimento do setor imobiliário com a oferta de edificações de baixo e médio custo (ROTTA, 2009). No entanto, o processo de especificação e execução destes imóveis tem sido realizado praticamente de forma padronizada, replicando uma mesma tipologia arquitetônica para as diversas regiões do Brasil, em consequência à limitação dos recursos financeiros, sem considerar a grande diversidade socioeconômica, cultural, climática e tecnológica de cada região. Em consequência, comumente se verifica como resultado moradias de baixa qualidade construtiva (DÖRFLER; KRÜGER, 2016), sem a preocupação entre outros fatores, com o consumo excessivo de energia, o adequado desempenho termo energético e com as necessidades dos usuários, de forma a reduzir os impactos ambientais para a melhoria da qualidade de vida (SANTOS, et al., 2015).

Para o desenvolvimento de sistemas construtivos que prezam pelo bom desempenho térmico, existem normas que atuam como uma importante ferramenta para a tomada de decisões projetuais. No Brasil, o conjunto de normas da NBR 15220 estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro e recomenda diretrizes construtivas para cada zona (ASSOCIAÇÃO..., 2005); já o conjunto da NBR 15575 determina requisitos de desempenho mínimos para os sistemas de vedações verticais e horizontais das edificações (ASSOCIAÇÃO..., 2013). Além das normas mencionadas, ressalta-se ainda a norma internacional *American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers* - ASHRAE 55, que aborda a temática do conforto adaptativo no interior das edificações para a ocupação humana (AMERICAN..., 2004).

Diante deste contexto, é de suma importância que o processo projetual considere entre outros fatores considerados como prioritários no âmbito da arquitetura e da engenharia, a qualidade de vida e a proteção ao meio ambiente, promovendo a inclusão social e a sustentabilidade do ambiente construído. Nesse aspecto, observa-se que a escolha dos materiais empregados nas edificações exerce grande influência sobre as condições de conforto e sobre o consumo energético,

principalmente na etapa de uso. As decisões projetuais podem ser auxiliadas através da adoção de simuladores, permitindo assim avaliar elementos relevantes dos sistemas reais com um grau aceitável de precisão, ponderando alternativas construtivas e materiais ditos mais eficazes e que melhor se adequam à realidade local, considerando o desempenho ambiental passível de ser realizado em tempo reduzido (HENSEN et al., 2002; LAMBERTS et al., 2005).

2. OBJETIVO

A pesquisa objetivou analisar, comparativamente, o desempenho térmico, o índice de sustentabilidade e o custo dos materiais de construção comumente utilizados para dois sistemas de vedação vertical – bloco cerâmico e bloco de concreto – para edificações de interesse social, ventiladas naturalmente localizadas na Região Metropolitana da Grande Vitória, no estado do Espírito Santo (RMGV – ES).

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia foi estabelecida a partir de três etapas: 1. Modelagem, configuração dos elementos construtivos e simulações computacionais a partir da caracterização do sítio e do objeto de estudo utilizando-se o *software DesignBuilder*; 2. Avaliação do índice de sustentabilidade de cada um dos materiais através da ferramenta ISMAS; e 3. Levantamento dos custos de cada material, analisando comparativamente com o desempenho térmico e com o nível de sustentabilidade.

3.1 Modelagem, Configuração e Simulações

Para a realização dos ensaios através das simulações, foi necessário definir as características do sítio, os dados de entrada do modelo e a metodologia utilizada para a avaliação do desempenho, conforme a seguir especificado.

3.1.1 Caracterização do Objeto de Estudo

O objeto de estudo desta pesquisa está localizado na RMGV - ES, que está inserida na Zona Bioclimática 8 (Z8), de acordo com a NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO..., 2005). Possui clima tropical litorâneo, caracterizado pela presença de uma estação chuvosa no verão e outra seca no inverno, com temperaturas médias de 18ºC a 26ºC e ventos incidentes com maior frequência de origem nordeste e norte para a maior parte do ano (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

O modelo de edificação corresponde a um apartamento de padrão econômico, localizado em conjunto habitacional multifamiliar com seis pavimentos tipo, doze apartamentos por pavimento, com área entre 43m² a 52m², pertencente ao PMCMV, voltado a atender um público com renda familiar de até três salários mínimos. As principais fachadas possuem aberturas direcionadas para leste e oeste, consideradas orientações críticas em relação à incidência solar, para qualquer latitude do território brasileiro (OLGYAY, 1998).

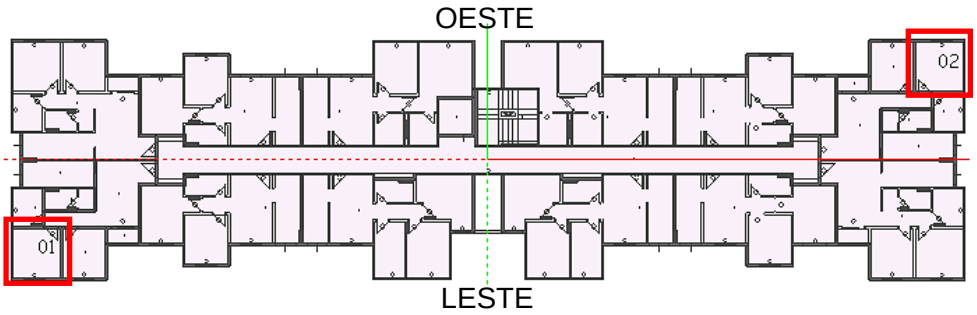
Para a realização das simulações, optou-se pela seleção de dois quartos de unidades distintas, localizados no quarto pavimento, por ser considerado um andar intermediário, não sendo diretamente influenciado pelas perdas por meio do solo e dos ganhos térmicos por meio da cobertura, sofrendo interferências apenas da fachada. Os dois ambientes selecionados, por estarem na extremidade da torre, recebem incidência solar simultânea de duas orientações, possibilitando uma melhor avaliação da influência do meio externo e da capacidade de desempenho dos materiais, visto que a pesquisa comparou os materiais utilizados na envoltória (blocos

cerâmicos e de concreto), avaliando as interferências nas alterações das condições internas do ambiente, relacionadas ao conforto térmico,

3.1.2 Modelagem e Configuração

Para a análise das condições do clima utilizou-se o arquivo climático no formato EPW - *EnergyPlus Weather*, da cidade de Vitória-ES (LABORATÓRIO..., 2015). A configuração do modelo considerou toda a edificação conforme dimensões, especificações de materiais e orientação solar originais do projeto (Figura 1).

Figura 1. Modelo computacional com destaque aos ambientes simulados



Fonte: DesignBuilder *Versão 3.4.0.041 (2013).*

Para as simulações do edifício foram considerados inicialmente o sistema de vedação com blocos cerâmicos e, posteriormente, blocos de concreto, ambos com 14 centímetros de espessura, revestidos externamente com reboco e pintura texturizada de cor clara e internamente com gesso liso e massa PVA (Poliacetato de Vinila) de cor branca. Para o piso foi considerada a laje em concreto armado, com acabamento apenas com contrapiso, e gesso liso utilizado como material de acabamento no teto. As informações referentes às variáveis de ocupação do edifício e da zona foram baseadas nas características do ambiente para uma rotina típica de ocupação (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de ocupação e metabolismo

Ocupação	**Uso**
Usuário	8h00 – 18h00 = 0% de ocupação
	18h00 – 21h00 = 50% de ocupação
	21h00 – 8h00 = 100% de ocupação
Parâmetros humanos	
Vestimenta	Verão = 0,5 clo
Metabolismo	Leitura = 0,90 met
Padrão de ocupação	2 pessoas

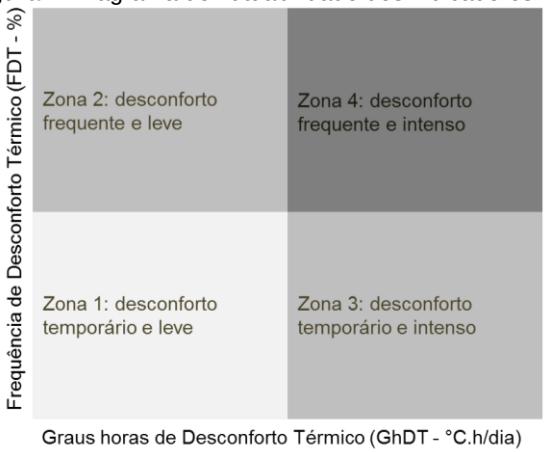
Fonte: Elaborado a partir de Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

As aberturas possuem dimensões de 1,20m x 1,00m x 1,10m (L x A x P), formadas por esquadrias em alumínio com uma folha em veneziana vazante e outra folha em vidro incolor de 3mm, com sistema de abertura de correr em duas folhas, permitindo a abertura de 50% da área da janela para ventilação natural, não possuindo quaisquer elemento de proteção solar, configuradas para permanecerem abertas, apenas no período em que há ocupação do ambiente pelos usuários.
Para a configuração da iluminação, foi adotado o padrão mínimo fornecido pelo *software*, ponderando apenas a emissão de calor para o ambiente, e não o conforto luminoso ou o consumo de energia elétrica, estando a iluminação restrita apenas aos períodos em que há ocupação do ambiente.

3.1.3 Metodologia de Avaliação do Desempenho

Para a avaliação do desempenho térmico dos ambientes, foi adotado o método de avaliação proposto por Nico-Rodrigues (2015), que determina o vínculo entre a Frequência de Desconforto Térmico – FDT, com os Graus-horas de desconforto térmico – GhDT.
A FDT equivale ao percentual de tempo em hora inteira em que a temperatura operativa encontrou-se acima do valor máximo da temperatura de conforto, quantificando as horas em desconforto em unidade de porcentagem, durante determinado período de tempo. Já o GhDT, corresponde ao somatório da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura máxima de conforto térmico, quando a temperatura operativa assume valores acima da temperatura de conforto.
Para a análise dos indicadores FDT e GhDT utilizou-se o diagrama de flutuabilidade, que relaciona os dados em um gráfico de dispersão dividido em quatro zonas distintas, considerando a avaliação da frequência nos níveis temporário e frequente; e a condição de intensidade para os graus-horas nos níveis leve e intenso (Figura 2).

Figura 2. Diagrama de flutuabilidade dos indicadores FDT e GhDT



Fonte: Nico-Rodrigues (2015).

As simulações ocorreram para 21 dias no período do verão, considerando os dias válidos para a análise segundo um modelo normal fundamentado em probabilidade e inferência estatística. As temperaturas operativas limites, para a análise do conforto térmico de cada mês do período do verão, foram resultantes de uma simulação inicial do sítio, onde foram obtidos os valores médios mensais de temperatura do ar externo (Tabela 2), correlacionados com o modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55, para posteriormente definir o quanto de desconforto térmico ocorreu em cada ambiente no período analisado. Os intervalos de temperatura de conforto foram definidos

através das médias de temperaturas diárias do sítio, considerando a satisfação dos usuários de 90% para os ambientes estudados.

Tabela 2. Temperatura limite de conforto para o verão

Meses	Temperatura limite de conforto
Dezembro	28,61°C
Janeiro	28,45°C
Fevereiro	28,27°C
Março	28,55°C

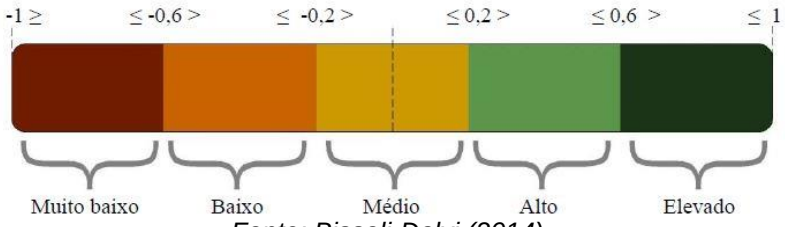
Fonte: Adaptado de Nico-Rodrigues (2015).

3.2 Avaliação do Índice de Sustentabilidade

A avaliação de sustentabilidade dos materiais foi realizada utilizando-se a ferramenta ISMAS, definida por ter sido desenvolvida especificamente para o estado do Espírito Santo. O instrumento aponta uma série de critérios relacionados à avaliação dos materiais quanto aos impactos que estes proporcionam em diversas fases do ciclo de vida, abordando características que visam definir e medir o grau de sustentabilidade com foco na economia de matérias primas, geração e gestão de resíduos. São eles: 1) É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte; 2) É renovável; 3) Dispensa materiais adicionais para acabamento; 4) Possui elementos reciclados; 5) A durabilidade independe de manutenção; 6) Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento; e 7) Favorece a baixa geração de resíduos.

As ferramentas que utilizam critérios como base, são determinadas como um sistema de atribuição de valores ou pontuação associados a uma definição, que tende à escolha de um resultado dentro de uma escala pré-estabelecida. Para cada um dos sete critérios mencionados, baseando-se no desempenho do material em relação a cada critério, foi definida uma escala de classificação associada a uma escala de cores representativas com variações que variam do muito baixo ao elevado, exibidos na Figura 3 (BISSOLI-DALVI, 2014).

Figura 3. Indicador de sustentabilidade dos materiais



Fonte: Bissoli-Dalvi (2014).

3.3 Comparativo de preços

Concomitante ao estudo dos índices de sustentabilidade de cada material foi realizado o levantamento de custo dos materiais no mercado da construção civil no Estado do Espírito Santo, de forma a estabelecer um parâmetro comparativo entre ambos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índices de Desconforto Térmico

Os dados das simulações foram submetidos a procedimentos estatísticos, para determinar os maiores valores de GhDT para cada orientação do período analisado, sendo o maior valor utilizado

como referência para a análise das propostas, utilizando blocos cerâmicos e de concreto, objetivando minimizar o desconforto térmico (Tabela 3).

Tabela 3. Valores máximos para o GhDT, para o período do verão, com destaque para o valor adotado

Estação do Verão – (Máx. GhDT = 796,69°C.h/dia = 21 dias x 43,87°C.h/dia)	
Leste	Oeste
22 jan. – 4° pav. GhDT = 43,87°C.h/dia	26 fev. – 4° pav. GhDT = 43,42°C.h/dia

Fonte: As autoras.

4.2 Índices de Sustentabilidade dos Materiais

A avaliação da sustentabilidade para os materiais em questão – blocos cerâmicos e blocos de concreto – foram estabelecidos de acordo com o Quadro 1, sendo definidos os níveis aparentes de sustentabilidade de cada material utilizado nos sistemas de vedação, juntamente com os acabamentos (revestimento para piso) e esquadria.

Quadro 1. Índice de sustentabilidade dos materiais

Local de Implantação	**Material**	**Índice de Sustentabilidade**	**Classificação ISMAS**
Vedação	Bloco cerâmico	0,35	Alto
	Bloco de concreto	-0,40	Baixo
Revestimento de piso	Contrapiso	-0,20	Baixo
Esquadria	Alumínio e vidro	0,30	Alto

Fonte: Elaborado a partir de Bissoli-Dalvi (2014).

Comparando-se as avaliações de sustentabilidade dos materiais para vedação, conclui-se que o índice de sustentabilidade dos blocos de concreto atinge um nível muito inferior ao índice de sustentabilidade dos blocos cerâmicos utilizados para sistemas de vedação, evidenciando a importância da ferramenta para a seleção de materiais mais sustentáveis.

4.3 Valores Referenciais dos Materiais

A pesquisa de preços baseou-se na Tabela de Custos Referenciais, fornecida pelo Instituto de Obras Públicas do Espírito Santo - IOPES, tendo os valores correspondentes apenas custo unitário do material, sem considerar acabamento ou mão de obra, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Faixa de preço dos materiais para o Estado do Espírito Santo

Material	**Características**	**Custo unitário**
Bloco cerâmico	Dimensões 14x19x39, resistência mínima 5 MPa	R$ 1,37
Bloco de concreto		R$ 1,76

Fonte: IOPES (2016).

4.4 Simulações

As simulações foram divididas em duas etapas. A primeira delas consistiu na avaliação do modelo com o bloco cerâmico como material aplicado a envoltória, resultando no modelo 1 (M1). A segunda etapa consistiu na avaliação do mesmo modelo, adotando-se os blocos de concreto para a envoltória, resultando no modelo 2 (M2), apresentados no Quadro 3. A partir desses dados, foram

realizadas as simulações e elaborados os gráficos para avaliar comparativamente o desempenho dos modelos estabelecidos.

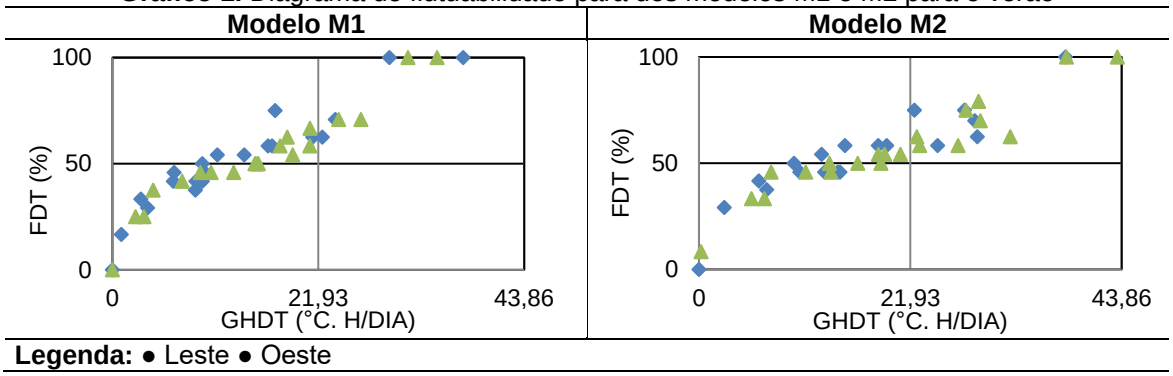
Quadro 3. Modelos adotados para realização das simulações

Modelo	Materiais	Abertura
M1	Bloco cerâmico + contrapiso	Janela com duas folhas de correr em veneziana de alumínio e vidro
M2	Bloco de concreto + contrapiso	

Fonte: As autoras.

Os resultados das simulações demonstraram as condições internas dos ambientes simulados, definindo os níveis de conforto térmico, apontando os valores referentes ao GhDT e a FDT atingidos para cada dia através dos diagramas de flutuabilidade, sendo a melhor condição de conforto aquela que converge para a origem. Assim sendo, observou-se que os resultados para os modelos M1 e M2 indicaram três níveis de sensações de desconforto térmico: dias com desconforto temporário e leve; dias com desconforto frequente e temporário; e dias com desconforto frequente e intenso, apresentando ainda valores elevados tanto para GhDT quanto para FDT para os dois modelos (Gráfico 1).

Gráfico 1. Diagrama de flutuabilidade para dos modelos M1 e M2 para o verão



Fonte: As autoras.

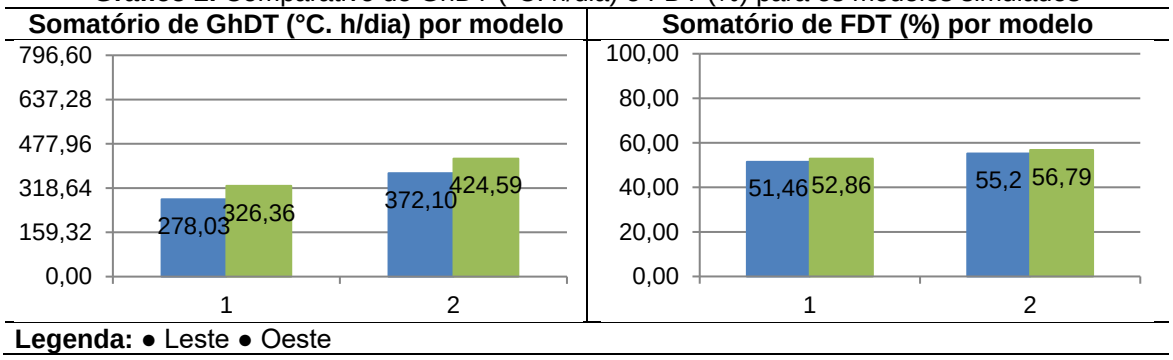
O M1 apontou um desconforto em aproximadamente 95% dos dias avaliados tanto para a orientação leste, quanto para oeste. A maior concentração de pontos situou-se nas zonas 1, 2 e 4 respectivamente, caracterizando o desconforto térmico como temporário e leve em 44% do período analisado; frequente e leve durante 32%; e temporário e leve durante 19% do mesmo período para ambas as orientações.

O Modelo M2, assim como o M1, também apresentou cerca de 95% dos dias avaliados em desconforto para ambas as orientações. A maior concentração de pontos evidencia-se nas zonas 1, 4 e 2 respectivamente, caracterizando o desconforto térmico como temporário e leve em 45,23% do período analisado para a orientação leste e 35,71% para a orientação oeste; como frequente e leve em média de 21,42% para ambas as orientações; e como frequente e intenso em média de 28,57% para a orientação leste e 42,85% para oeste, do mesmo período analisado.

Por meio dos resultados das simulações, ao comparar os modelos com bloco cerâmico e os com bloco de concreto, constatou-se conforme demonstrado no Gráfico 2, que tanto o M1 quanto o M2 apresentaram condições de ambientes em desconforto para as orientações leste e oeste. Entretanto ao analisar comparativamente os dois modelos, verificou-se que o M1 obteve resultados mais positivos em relação ao M2, com percentual de melhorias para GhDT de 94,07ºC.h/dia,

correspondente a 25,28% de condições mais confortáveis para a orientação leste e 98,23ºC.h/dia, correspondente a 23,13% de condições mais confortáveis para a orientação oeste, quando comparados ao M2.

Gráfico 2. Comparativo de GhDT (°C. h/dia) e FDT (%) para os modelos simulados



Fonte: As autoras.

Avaliando ambas as orientações para o M1 e M2, constatou-se que os modelos apresentaram desconforto superior a 50% das horas dos dias selecionados, e os resultados, apesar de muito parecidos, mostraram-se piores para as orientações oeste, considerando que a radiação solar nesta orientação e para o período analisado possui um ângulo de incidência maior, quase perpendicular à superfície vertical.

5. CONCLUSÃO

A partir da definição das condicionantes e dos parâmetros necessários para a realização das simulações, foi possível compreender o comportamento térmico com base nas flutuações diárias da temperatura operativa dos materiais em questão por meio da metodologia adotada.

De maneira geral, os resultados permitiram concluir que os blocos cerâmicos são considerados bons aliados para reduzir a carga térmica no interior dos ambientes, proporcionando melhores índices de conforto térmico, quando comparados aos blocos de concreto. Entretanto, ainda necessitam de intervenções para a melhora do desempenho térmico, seja no tamanho, no modelo e na localização das aberturas ou na utilização de isolantes nas paredes com maior insolação, a fim de reduzir ainda mais a carga térmica no interior dos ambientes.

Além disso, os blocos cerâmicos também são considerados materiais com caráter mais sustentáveis, segundo a ferramenta ISMAS, além de ter menor custo, quando comparado ao bloco de concreto, proporcionando ainda uma edificação com melhor eficiência termo energética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS 55. **ASHRAE 55** - Thermal Environmental Conditions for human Occupancy. Atlanta, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BISSOLI-DALVI, M. **ISMAS**: a sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais. 2014. 194 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile, 2014.

DESIGN BUILDER SOFTWARE LTDA. **DesignBuilder Software Ltda**. Version 3.4.0.041. 2013.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit habitacional no Brasil 2013: Resultados preliminares nota técnica. Belo Horizonte, 2015.

DÖRFLER, M.; KRÜGER, E. Simulações de desempenho térmico de moradias do PMCMV em diferentes zonas bioclimáticas quanto aos aspectos de implantação, materialidade e sombreamento de aberturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R.; NEGRAO, C. O. R. A view of energy and building performance simulation at the start of the third millennium. **Energy and Buildings**. Issue 9, v.34, p.853-855, 2002.

IOPES - INSTITUTO DE OBRAS PÚBLICAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Tabelas de custos referenciais LABOR/CT-UFES padrão IOPES - setembro/2016**. Disponível em:< http://200.137.67.27/consultatabcusto/CConsultaServico.gst> Acesso em: 09 nov. 2016.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Seção Downloads. Arquivos climáticos em formato EPW. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads>. Acesso em: 17 out. 2016.

LAMBERTS, R. DUTRA, L. PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. PROCEL, 3ª edição. São Paulo: PW Editores, 2014. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2016.

LAMBERTS, R.; MENDES, N.; NETO, J. A. B. C.; WESTPHAL, F. S. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, out./dez. 2005.

NICO-RODRIGUES, E. A. **Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente**. 2015. 202f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Univerdidad del Bio-Bio, Concepción. 2015.

OLGYAY, V. **Architectura y clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona, GG: 1998.

ROTTA, R. **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria - RS**. 2009. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SANTOS, J. C. P.; KOTHE, K.K.; MOHAMAD, G.; VAGHETTI, M. A.; RIZZATTI, E. Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira. **Revista Matéria**, v.20, n.4, pp. 1030-1047, 2015.

409. SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES DO SÉCULO XIX: O CASO DAS HABITAÇÕES RURAIS DO SERIDÓ NORTE-RIO-GRANDENSE

BORGES, A. M.[1] (arq.arianeborges@gmail.com); NASCIMENTO, J. C. [2] (jclewton@hotmail.com),*
[1]Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)/ Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil;
[2]Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O presente artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que analisa a adequação das casas de fazenda construídas no século XIX, na microrregião do Seridó norte-rio-grandense, ao clima semiárido. Tais edificações, além de terem reconhecida relevância para a identidade da região, são adaptadas às condicionantes do lugar nos mais diversos aspectos (econômicos, culturais, construtivos, físicos, etc.) e consistem em espaços de proteção em relação às características hostis do clima semiárido. Com objetivo de identificar quais características das casas de fazenda seridoenses do século XIX contribuem para que estas sejam espaços de proteção em relação ao clima semiárido, a pesquisa realizou-se em duas etapas. A primeira etapa consistiu na identificação das características recorrentes nas edificações estudadas por meio de um estudo tipológico realizado a partir dos inventários existentes, servindo de base para a delimitação da amostra analisada na segunda etapa, que consistiu no levantamento arquitetônico e monitoramento térmico de cinco exemplares representativos das casas de fazenda em questão. As variáveis escolhidas para análise do monitoramento se baseiam no modelo de conforto térmico adaptativo e as características das casas foram analisadas conforme o atendimento às estratégias de condicionamento térmico passivo recomendadas pela Norma NBR 15220, para a zona bioclimática 7, onde se inserem os municípios de Caicó e Acari, situados na microrregião do Seridó. A análise das temperaturas operativas das casas revelou que durante mais de 90% das horas do dia os ambientes encontram-se dentro da faixa de conforto. Tendo sido o desempenho térmico melhor nas casas de fazenda que tiveram maior grau de atendimento às estratégias bioclimáticas recomendadas. No entanto, as edificações estudadas se destacam não somente por sua adequabilidade ao clima no qual se inserem, mas também pelo uso de materiais e sistemas construtivos de baixo impacto ambiental, economicamente acessíveis e culturalmente aceitos, características implícitas em edificações sustentáveis.
Palavras-chave: Arquitetura Vernacular, Sustentabilidade, Seridó, Fazendas de Gado

SUSTAINABILITY IN NINETEENTH-CENTURY BUILDINGS: THE CASE OF THE RURAL HOUSINGS OF SERIDÓ NORTE-RIO-GRANDENSE

ABSTRACT
This paper presents results of a research that analyzes the adequacy of 19th century farmhouses in the Seridó norte-rio-grandense microregion to semi-arid climate. These buildings, besides having a recognized relevance for the region's identity, are adapted to the conditions of the place in the most diverse aspects (economic, cultural, constructive, physical, etc.) and are spaces of protection against the hostile characteristics of the semi-arid climate. In order to identify the characteristics of the nineteenth-century Serido farmhouses, the research was carried out in two stages. The first step consisted in identifying the recurrent characteristics of the buildings studied through a typological study based on the existing inventories, serving as the basis for the delimitation of the sample

analyzed in the second stage, which consisted in the architectural survey and thermal monitoring of five representative specimens of the farmhouses in question. The variables selected for monitoring analysis are based on the adaptive thermal comfort model and the characteristics of the houses were analyzed according to the passive thermal conditioning strategies recommended by the NBR 15220 standard for the bioclimatic zone 7 where the municipalities of Caicó and Acari, located in the Seridó microregion. The analysis of the operating temperatures of the houses revealed that during more than 90% of the hours of the day the environments are within the range of comfort. The thermal performance was better in farms that had a higher degree of compliance with the recommended bioclimatic strategies. However, the buildings studied stand out not only for their suitability to the climate in which they are inserted, but also for the use of materials and systems of low environmental impact, economically accessible and culturally accepted, characteristics implicit in sustainable buildings.
Keywords: Vernacular Architecture; Sustentability; Seridó; Cattle Farms

1. INTRODUÇÃO

É muito comum ver o conceito de arquitetura sustentável atrelado aos sistemas construtivos com tecnologias de ponta, entretanto, é necessário reconhecer que estas nem sempre são soluções viáveis à aplicação em todo e qualquer sítio. Alguns sistemas demandam de mão de obra especializada, que muitas vezes é indisponível em algumas regiões. Em outros casos, os custos são tão elevados, comparados aos sistemas tradicionais, que possibilidade de uso é prontamente descartada. Nesse sentido, o estudo da arquitetura vernacular permite compreender de forma mais ampla quais sistemas e técnicas construtivas, bem como materiais utilizados, são apropriados a seus contextos, tanto no que diz respeito ao clima, como a questões culturais e econômicas.

Atualmente, a construção civil residencial no Rio Grande do Norte, e pelo país afora, sofre do que podemos chamar de “síndrome da cópia”, quando modelos são meramente reproduzidos sem haver qualquer preocupação com o aspecto bioclimático, econômico e cultural no qual se insere o lugar onde será implantada construção que se pretende executar. São replicados os planos envidraçados expostos à radiação solar, as alvenarias são simples feitas com tijolos cerâmicos de oito furos, em geral as telhas utilizadas também não atendem à necessidade de proteção, pois as que são utilizadas nos dias de hoje são bem mais finas e leves. O problema maior é que as construções no semiárido estão trazendo soluções que já não são apropriadas para o litoral, clima quente e úmido, quanto mais para o sertão. Tal contexto ignora o tripé da sustentabilidade, pois edificações inadequadas ao clima demandam de maiores gastos com climatização, que consiste em um problema de cunho tanto econômico como ambiental. O estudo da arquitetura vernacular surge como ferramenta para compreender o que se praticava no passado e funcionava, não para reproduzir edificações que copiam um modelo histórico, mas para que possamos continuar aplicando técnicas eficazes e desenvolvendo soluções inovadoras a partir dos princípios testados ao logo dos séculos que nos precederam.

As casas de fazenda seridoenses do século XIX foram influenciadas em suas configurações pelas questões socioculturais, como também pela necessidade de proteção em relação às características hostis do clima semiárido. O povoamento da microrregião do Seridó foi impulsionado pela atividade econômica da pecuária que levou ao assentamento de diversas famílias no sertão potiguar no século XVII. No século XVIII a pecuária, somada à economia açucareira, teve seu período de maior expansão. Em meados do século XIX o cultivo do algodão se fortaleceu e, associado à pecuária, contribuiu para a expansão e fixação da população na região.

Na literatura sobre a região Seridó, autores como Lamartine (1965) descrevem essas casas de modo geral como sendo confortáveis e apontam para algumas das características marcantes dessas casas:

> Assentada no alto – para melhor aproveitar a frescura dos ventos e oferecer posição mais vantajosa quando dos ataques dos cangaceiros – era de construção sóbria, alpendrada, de duas águas e levantada com madeira, pedra, tijolo e telha da própria fazenda. Não oferecia beleza artística dos casarões do açúcar, de grades de ferro-trabalhado e arabescos de argamassa e pedra. Nenhum enfeite transparecia de sua arquitetura e seu conforto maior parecia residir no frio das lajes do alpendre ou na carícia da rêde armada no quarto do sótão. (LAMARTINE, 1965, p. 15, 23)

A descrição de Lamartine (1965) chama a atenção para alguns elementos como implantação, orientação, materiais e sistemas construtivos, que de acordo com a experiência dele eram determinantes para que essas casas fossem agradáveis a despeito do clima e condições físicas do contexto onde se inserem.

As habitações rurais das fazendas de criar do Seridó potiguar construídas no século XIX tornam-se referência pelo seu caráter vernacular, por se tratar de uma produção arquitetônica adaptada às condicionantes do lugar, nos mais diversos aspectos (econômicos, culturais, construtivos, físicos, etc.). Tendo em consideração a premissa supracitada, a pesquisa que foi desenvolvida durante o mestrado acadêmico no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGAU-UFRN), teve como objetivo geral identificar quais as particularidades das casas de fazenda do Seridó contribuem para a adaptabilidade destas edificações ao clima semiárido, como ambientes de proteção; e contribuir para ações de valorização do patrimônio arquitetônico em questão.

Para atingir o objetivo geral foram adotados procedimentos divididos em duas etapas. Primeiramente uma pesquisa bibliográfica contemplando os inventários existentes (DINIZ, 2008; FEIJÓ, 2002; IPHAN, 2012), tornando possível a definição da amostra conforme a possibilidade de acesso ao interior das casas, proximidade a outros exemplares, bom estado de conservação e preservação. Deste modo, as fazendas selecionadas foram: Pitombeiras, Agenus e Garrotes, no município de Acari; e no município de Caicó, Palma e Penedo. A segunda etapa consistiu no levantamento arquitetônico, registro fotográfico, modelagem tridimensional digital (visando a ampliação da documentação e registro existente); e no monitoramento térmico ao longo de aproximadamente um dia representativo em cinco casas de fazenda, relacionando o desempenho térmico das casas com suas características individuais. As variáveis escolhidas para análise do monitoramento se baseiam no modelo de conforto térmico adaptativo (SPAGNOLO e DE DEAR, 2003 apud NEGREIROS, 2010). As características das casas foram analisadas conforme o atendimento às estratégias de condicionamento térmico passivo recomendadas pela Norma NBR 15220 (ABNT, 2005), para a zona bioclimática 7, onde se inserem os municípios de Caicó e Acari.

O levantamento dos dados nos inventários e *in loco* mostrou que as casas estudadas apresentam características peculiares no que diz respeito à flexibilidade e versatilidade, isto é, o programa dessas casas não é estático, pois os ambientes que em determinado momento têm uma função, podem rapidamente ser ajustados para atender a novas necessidades. Além disso, os materiais quase que na totalidade são obtidos na própria região e são utilizados sistemas construtivos de acordo com a mão-de-obra disponível. A prova do tempo, cerca de dois séculos, confirma a durabilidade e resistência dessas edificações, que se mantêm firmes e em bom estado de conservação quando recebem a devida manutenção e permanecem em uso.

A análise das temperaturas operativas das casas revelou que durante mais de 90% das horas do dia os ambientes encontram-se dentro da faixa de conforto. Tendo sido o desempenho térmico melhor nas casas de fazenda que tiveram maior grau de atendimento às estratégias bioclimáticas recomendadas.

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi identificar quais características das casas de fazenda que contribuem de forma mais significativa para que elas sejam ambientes de proteção em relação ao clima semiárido. Além disso, a pesquisa procurou identificar como essas características contribuem para que estas edificações sejam sustentáveis, no que diz respeito ao uso de materiais e sistemas construtivos adequados à realidade local, seja ambiental, econômica e/ou culturalmente.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Os procedimentos metodológicos foram divididos em duas etapas: 1) Caracterização e estudo tipológico das casas de fazenda do século XIX do Seridó potiguar; e 2) Levantamentos pormenorizados e monitoramento das fazendas selecionadas a partir do estudo realizado na primeira etapa.

A primeira etapa contempla a caracterização das construções estudadas nesta pesquisa e, para tal, conta com o levantamento bibliográfico nos inventários existentes sobre a arquitetura rural seridoense, a partir dos quais foi realizado um estudo tipológico das casas de fazenda do século XIX da região Seridó. Por meio do estudo tipológico foram identificadas semelhanças e diferenças nos exemplares e quais os tipos recorrentes. As edificações foram escolhidas conforme o estado de conservação, preservação e viabilidade de acesso, não somente ao contexto da fazenda, mas também ao interior da casa (permitindo a realização do monitoramento e levantamento arquitetônico).

Os procedimentos metodológicos da segunda etapa da pesquisa consistiram: no levantamento arquitetônico, registro fotográfico e modelagem tridimensional digital (todos estes objetivando o aprofundamento da documentação existente que contribui para o registro e memória do patrimônio); e no monitoramento das temperaturas do ar externo e interno dos principais ambientes e das temperaturas superficiais internas (paredes, piso e teto), durante um período de, no mínimo, 24 horas, das casas estudadas. As variáveis escolhidas para análise se baseiam no modelo de conforto térmico adaptativo (SPAGNOLO e DE DEAR, 2003 apud NEGREIROS, 2010), que avalia a influência do movimento do ar sobre a elevação do limite da temperatura de desconforto ao calor, adotados por Negreiros (2010) e atualizado por Lamberts et al. (2013). O método escolhido de monitoramento foi definido com base nos equipamentos disponíveis no Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Labcon-UFRN). As medições de temperatura de bulbo seco do ar externo e dos ambientes das casas foram realizadas por meio de sensores/armazenadores da marca Hobo, configurado para medir a temperatura a cada 10 minutos, cuja aferição ficou inferior à incerteza de medição nominal de ±0,5°C. As temperaturas superficiais das paredes, do piso e do teto foram medidas manualmente por meio de um termômetro infravermelho de mão da marca Fluke, cujas médias foram usadas para determinar a temperatura radiante média.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados abrangem diversos aspectos das edificações estudadas, os materiais e sistemas construtivos empregados, a implantação e o programa das edificações, e associado a

esses, as estratégias bioclimáticas adotadas. Por fim, destacamos um exemplar dentre os cinco para demonstração e discussão dos resultados.

4.1 Materiais e Sistemas Construtivos

Os materiais empregados nas casas são basicamente pedra, barro/cerâmica e madeira (Figura1). Todos extraídos da própria região e empregados com o mínimo de beneficiamento. O telhado é geralmente em duas águas do tipo "telha vã", quando não há forro. As telhas em cerâmica na grande maioria foram produzidas na própria fazenda, costumam ser bem mais grossas e maiores do que as fabricadas na atualidade, pesando cerca de 12 kg cada uma. A estrutura do telhado, por sua vez, é feita com madeira da própria região, conforme descreve Feijó (2002):

> São peças de madeiras de diferentes dimensões e seções, que, dispostas em posições determinadas, desempenham funções distintas. São confeccionadas de árvores da região, de reconhecida resistência e durabilidade, a exemplo da aroeira, do angico, da braúna, da craibeira, do brejuí, do pereiro e do gachumbo. (FEIJÓ, 2002, p. 51)

O uso de madeira advinda de árvores nativas do sertão potiguar reitera a adaptação da edificação às condicionantes locais, como um dos pré-requisitos dessa arquitetura vernacular. O comportamento higroscópico da madeira é uma das principais características que favorece ao melhor desempenho do material, pois a durabilidade e resistência são diretamente afetadas quando há variação de umidade. Sendo da própria região, a madeira não sofre tanto para atingir a umidade de equilíbrio, evitam-se assim problemas decorrentes de alterações em suas dimensões, que são resultantes da perda de umidade para que o material atinja equilíbrio com as condições do ambiente. Além disso, há um elemento que se destaca quando nos referimos à estrutura do telhado, *o brabo*, que surge como uma alternativa para viabilizar a construção dos vãos de grandes dimensões. Os brabos são peças de madeira com pouco ou nenhum beneficiamento, conforme descreve Feijó (2002):

> Têm, em geral, suas extremidades apoiadas em paredes paralelas, recebendo os esforços das terças e cumeeira através de pontaletes ou diretamente das mesmas, em sua parte arqueada, prevalecendo-se do princípio da contra flecha, aumentando-se assim a resistência da referida peça, como também obtendo um efeito plástico interessante. Muitas vezes, pela dificuldade de obtenção dessas madeiras, aplicavam-se peças sem qualquer beneficiamento, e da forma que eram tiradas das árvores. (FEIJÓ, 2002, p. 52)

A madeira também é utilizada nas esquadrias em geral, estas normalmente confeccionadas em folhas cegas formadas por fichas de madeira e, em muitos casos, permitem flexibilidade no modo de abertura, facilitando o controle seletivo da ventilação.

As alvenarias tem caráter autoportante e são feitas de tijolos maciços assentados e rebocados com argamassa de argila, cal e areia, normalmente eram caiadas na cor branca. Há casos, porém, que os tijolos permanecem expostos sem qualquer revestimento. As paredes internas tinham essencial função de vedação/divisão de cômodos, e normalmente medem de 16 cm a 20 cm de espessura, podendo ser ou não desenvolvidas até a cobertura (parede solteira); já as paredes externas têm espessuras variando entre 35 cm e 60 cm dada a função estrutural de receber os maiores esforços da cobertura.

Em geral, o alicerce é feito com pedras graníticas empregadas na sua forma mais natural, em blocos irregulares, também conhecidas como pedras "marroadas", abundantes na região.

O piso original dessas casas normalmente era feito em pedra, tijoleira de barro ou adobe. No entanto, em muitos dos casos fora substituído ou revestido de cimento queimado, modificação dada a partir do século XX, quando o cimento começou a ser utilizado como material construtivo na região.

Figura 1. Telhado, Alvenaria e Pisos das Casas de Fazenda



BORGES, 2016

As construções atuais dessa região, no entanto, fogem completamente dos sistemas e técnicas adotados nesse tipo de arquitetura vernacular. Ao invés de usarem as espessas paredes comuns na arquitetura do século XIX na região, a grande maioria das residências, que vêm sendo construídas na atualidade, passou a usar paredes feitas com tijolo cerâmico de 15 cm de espessura, tanto para as vedações internas como externas, não oferecendo a massa térmica recomendada para edificações no clima semiárido. O mesmo acontece com as telhas, que mesmo sendo feitas de cerâmica, têm fabricação atual em moldes menores e mais finos, reduzindo também o potencial de massa térmica da cobertura. Além disso, as esquadrias adotadas atualmente, normalmente em alumínio e vidro, oferecem pouca proteção à radiação solar.

4.2 Implantação e Programa

A escolha do lugar de implantação das fazendas de criar não se dava de modo aleatório. Normalmente buscavam áreas próximas à presença de água potável, tão importante para a atividade pecuarista. No entanto, em função do baixo potencial sub-superficial da bacia hidrográfica seridoense, formada em sua maior parte por rios temporários, é comum a presença de açudes e barragens para garantir o abastecimento de água potável mesmo em períodos de estiagem. Normalmente esses açudes e as casas de fazenda eram posicionados próximos entre si, e a orientação da casa é de tal modo que os ventos dominantes passem pelo espelho d'água antes de chegar ao interior da casa. Outra questão a respeito da implantação é que procuravam o ponto mais alto do terreno, principalmente por uma questão de controle e segurança.

A arquitetura rural seridoense é marcada por diversos espaços de transição e ambientes com portas que os conectam a vários outros ambientes. A versatilidade também se faz presente no que diz respeito à mobília utilizada. Os bancos de madeira e tamboretes (banquinhos de madeira com assento em couro) podem facilmente ser carregados de um ambiente para o outro, assim como as cadeiras com estrutura dobrável em madeira e assento em tecido (espreguiçadeiras), que são ainda mais fáceis de transportar. E, uma vez que se encontram tornos para armar redes em quase todos os ambientes, qualquer ambiente que funciona como sala de visitas ou de jantar pode transformar-se em dormitório. Não são todas as casas que possuem alpendre. No entanto, esse espaço que serve para receber o visitante e viajante também é, em muitos casos, um ambiente de convivência e prosas entre os moradores e atua como importante elemento de sombreamento para o restante da edificação.

A melhor forma de caracterizar a casa de fazenda seridoense seria defini-la como sendo um abrigo flexível, pois além da versatilidade dos ambientes, ela consiste em um excelente espaço de proteção, especialmente no que diz respeito às características hostis do clima semiárido, conforme apresentado no atendimento às estratégias bioclimáticas a seguir.

4.3 Estratégias Bioclimáticas

Em uma visita às fazendas Umary, no município de Ouro Branco, e Pitombeiras, em Acari, realizamos levantamentos e medições como pré-teste da pesquisa e, levando em consideração as prescrições feitas pela NBR 15220 (ABNT 2005), verificamos alguns dos fatores que, provavelmente, têm maior influência sobre as condições de conforto ambiental em edificações construídas na região do semiárido e contribuem para que estas casas de fazenda consistam em espaços de proteção para seus moradores e visitantes. Estes fatores observados estão relacionados a estratégias de condicionamento térmico passivo que podem ser distribuídas em dois grupos, conforme a implantação e características das edificações. **1) Quanto à implantação da edificação:** A) Recobrimento vegetal das superfícies externas e do entorno imediato; B) Resfriamento evaporativo; C) Orientação da edificação de modo a ter a mínima exposição possível ao Sol da tarde (Oeste); D) Implantação no nível mais elevado do terreno. **2) Quanto às características da edificação:** A) Sombreamento das fachadas; B) Permeabilidade da cobertura; C) Superfícies externas de cores claras; D) Massa térmica das paredes; E) Massa térmica da cobertura; F) Altura dos vãos; G) Ventilação seletiva.

É surpreendente e lamentável observar que a grande maioria das edificações contemporâneas da região do Seridó, bem como outras regiões de clima semiárido no Rio Grande do Norte, e em outros Estados brasileiros, não adota as estratégias bioclimáticas que favorecem ao conforto térmico das edificações. Não são raras as edificações construídas na atualidade que não possuem sombreamento das fachadas, massa térmica das paredes e coberturas, e controle da ventilação (que é favorável somente quando a temperatura do ar externo for menor que a temperatura do ar interno das edificações).

4.4 A Casa da Fazenda Penedo

Como exemplo das casas que foram analisadas destacamos a casa da Fazenda Penedo, na cidade de Caicó (Figura 2).

Figura 2. Casa da Fazenda Penedo



BORGES, 2016

A casa da fazenda Penedo foi monitorada por 25 horas entre os dias 16 e 17/08/2014, iniciando-se às 17h00 do dia 16 e sendo finalizado às 18h00 do dia 17. Os cômodos monitorados foram:

o alpendre, a sala de visita, as duas salas de jantar, os cinco quartos, a cozinha e a dependência (Figura 3). Esta casa é uma das que melhor atende às estratégias bioclimáticas recomendadas tanto no que diz respeito à implantação da casa como na edificação em si.

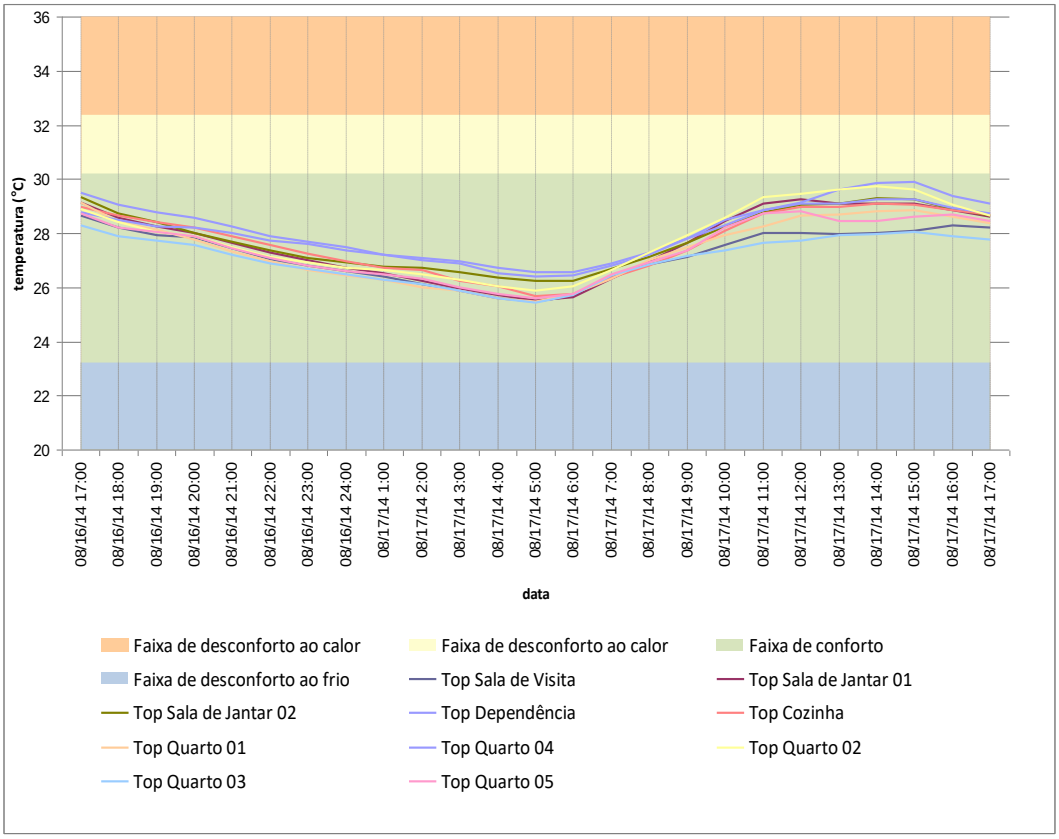
Figura 3. Planta Baixa da Casa da Fazenda Penedo com Destaque para os Ambientes Monitorados



Nesta casa não há sótão, o que resulta em ambientes com altos pés-direitos. A fachada principal, que tem acesso pelo alpendre, está voltada para Nordeste; nela se distribuem quatro dos cinco quartos da casa e a sala de visita. A parede que divide a sala de visita o quarto 03, assim como a que divide as salas de jantar do quarto 05 não chegam até o teto, o que favorece o livre fluxo de ar ascendente ao ponto mais elevado da cobertura, a cumeeira.

Todos os cômodos da casa apresentam temperaturas operativas dentro da faixa de conforto (Figura 4), sem a necessidade de recorrer à movimentação de ar, dando-nos uma margem para que em dias mais quentes o conforto possa ser alcançado por meio de uma brisa de aproximadamente 1,0 m/s. Analisando de forma comparativa os ambientes monitorados, há uma diferença de aproximadamente 2,0ºC entre os ambientes que têm uma de suas paredes expostas ao Sol (sala de jantar 02 e quarto 04) e aqueles que têm suas únicas paredes externas sombreadas pelo alpendre (sala de visita e quarto 03).

Figura 4. Evolução de temperaturas operativas e limites de desconforto térmico



BORGES, 2016

5. CONCLUSÃO

As casas de fazenda do Seridó desvendam muito mais do que um modo de construir de uma época. Elas revelam traços da cultura sertaneja, os costumes, as tradições, o contexto socioeconômico, bem como o uso de técnicas, materiais e sistemas construtivos próprios da região que conferem identidade e evidenciam o caráter vernacular destas edificações. Em contrapartida, as casas construídas atualmente nessa região não seguem os mesmos princípios, pelo contrário, por não serem adaptadas ao clima, elas induzem a um alto consumo energético e gastos consideráveis com climatização. Os materiais empregados tem durabilidade cada vez menor (madeiramento do telhado mais frágeis e susceptíveis às patologias; telhas mais finas, esquadrias metálicas que se oxidam mais facilmente, etc.), ao logo do tempo os produtos de modo geral têm sofrido queda na qualidade com custos crescentes, e na construção civil o quadro não é diferente.

As casas de fazenda do Seridó, no entanto, apresentam-se como uma boa alternativa de proteção em relação ao clima semiárido, e bom desempenho térmico destas casas é proporcional à quantidade de estratégias bioclimáticas para o clima semiárido que se atendem de forma correlacionada. O monitoramento térmico dessas edificações revela que as casas que apresentam melhores desempenhos térmicos são justamente aquelas que atendem todas ou quase todas as estratégias bioclimáticas recomendadas.

Normalmente, as estratégias têm aplicações correlacionadas, isto é, podem ter o desempenho potencializado quando usadas simultaneamente e combinadas entre si, como é o caso da altura do

vão somada a permeabilidade da cobertura, favorecendo o “efeito chaminé” (exaustão do ar quente pelas frestas da cobertura). A ventilação seletiva, quando associada ao resfriamento evaporativo (presença de lamina d’água no sentido dos ventos predominantes), é ainda mais favorável, não somente para eliminar o calor como também para minimizar os efeitos desagradáveis do ar empoeirado, comum em períodos mais secos nessa região.
Os alpendres contribuem fortemente para o bom desempenho térmico da edificação, uma vez que o sombreamento das fachadas é uma das estratégias que mais podem contribuir na redução do ganho térmico da edificação por meio das alvenarias.
Por fim, consideramos que essas edificações apresentam-se como construções sustentáveis por atenderem boa parte dos critérios que se relacionam ao tripé: socialmente justo, economicamente viável e ambientalmente correto. São edificações que resistem às intempéries por mais de dois séculos, com materiais de baixo impacto ambiental, e dentro dos padrões sociais aceitos pela sociedade local. Pela divulgação deste conhecimento, desejamos contribuir para a preservação e conservação desse acervo arquitetônico de valor patrimonial tão significativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220-3: **Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005a.

BORGES, A. M. **Vernaculares**: a casa de fazenda seridoense do século XIX como exemplo de adaptação ao clima semiárido. (Dissertação de mestrado) Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

DINIZ, N. M. M. **Velhas Fazendas da Ribeira do Seridó.** Dissertação de Mestrado. FAU-USP, 2008.

FEIJÓ, P. H. F. **A arquitetura tradicional de Acari no século XIX**: estudo comparativo entre a casa grande de fazenda e a casa urbana. (Dissertação de mestrado) Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2002.

IPHAN/RN. **Inventário de conhecimento do patrimônio rural da região do Seridó Potiguar.** Natal, 2012.

LAMARTINE, J. **Velhos costumes do meu sertão**. 2. ed. Natal: Fundação José Augusto,1965.

LAMBERTS, Roberto et al. **Thermal Comfort:** Towards a Brazilian Standard on Thermal Comfort. Research Report. Santa Catarina: Labee - UFSC, 2013

NEGREIROS, Bianca de Abreu. **Análise de métodos de predição de conforto térmico de habitação em clima quente-úmido com condicionamento passivo.** (Dissertação de mestrado) Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2010.

438. INVERSIÓN ESTATAL EN ARQUITECTURA Y SALUD PÚBLICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE ESCASOS RECURSOS EN MEDELLÍN, COLOMBIA

GOMEZ, Anny (anny.gomez@upb.edu.co); GONZÁLEZ, Alexander (alexander.gonzalez@upb.edu.co)*
GAUP – Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín (UPB), Colombia

RESUMEN
Las graves condiciones de habitabilidad en viviendas de barrios pobres en Medellín, desarrollados por autoconstrucción, son consecuencia de más de cinco décadas de migración campesina hacia bordes urbanos no planificados, con la ausencia de la arquitectura como responsabilidad civil y el amparo de un Estado débil, frente a los retos del crecimiento económico y el ordenamiento territorial. Como respuesta a esta situación el grupo de investigación en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje GAUP de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, realizó un estudio sobre las condiciones de calidad de vida y salud pública, en más de 150 viviendas en barrios marginales, para analizar aquellas condiciones arquitectónicas y constructivas, que afectan la salud de la población, identificando problemas de hacinamiento, calidad del aire, iluminación, humedad, temperatura, seguridad y ergonomía, que derivan en enfermedades contagiosas, no contagiosas y sicológicas. Estos hallazgos fueron analizados con las entidades estatales encardas de los censos poblacionales tales como el Sistema de Potenciales Beneficiarios para programas sociales (SISBEN) encargado de garantizar el cumplimiento de los derechos de la población más vulnerable del país, haciendo énfasis en las condiciones de salubridad. Se plantea realizar un análisis cuantitativo de la inversión anual estatal para la vivienda en relación con la inversión anual en salud pública, para desarrollar estrategias de diseño y mejoramiento integral de viviendas, orientado al bioclimatismo y factores humanos, para la prevención de condiciones de insalubridad residencial, dirigido a un balance sostenible sistémico, para las cargas sociales, ambientales y económicas que representa la salud pública para el Estado.
Palabras-clave: Vivienda informal, rehabilitación urbana, factores humanos, salud pública.

STATE INVESTMENT IN ARCHITECTURE AND PUBLIC HEALTH IN THE RESIDENTIAL SECTOR OF LOW RESOURCES IN MEDELLÍN, COLOMBIA

ABSTRACT
The bad conditions to the habitability in the low income residential sectors in Medellìn, development for autoconstruction, are the consecuence of the more than five decades to the rural Peasant migration, towards the urban periphery without planning, With the absence of architecture as civil responsibility and the protection of a weak state, facing the challenges of economic growth and land use. As answer to this situation the group of investigation in architecture and urbanism and landscape of the pontificia bolivariana university from Medellin. It has made an documental study about the quality conditions of live and public healt, in more than 150 houses in low income residential sectors, for identify and analysis this architectural and constructive conditions, that affected the healt to the population, identify the problems to the air quality,lighting, humidity, overcrowding, temperature, sequiurity, ergonomics, that derive in contagious diseases, no contagious diseases and psychological deseases. These findings were analyzed with the public

entities of population censuses such as the Beneficiary Potential System for Social Programs (SISBEN) in charge of guaranteeing the fulfillment of the rights of the most vulnerable population of the country, with emphasis on health conditions. The propousal is cuantitive analyzed about the The annual state investment for housing in relation to the annual investment in public health, to develop strategies for design and comprehensive improvement of housing, oriented to bioclimatism and human factors, for the prevention of unsanitary residential conditions, aimed at a sustainable systemic balance, For the social, environmental and economic charges that public health represents for the State.

1. INTRODUCCIÓN

El entorno climático es uno de los principales factores que determinan la relación entre arquitectura y habitabilidad, para la construcción de viviendas que deben brindar confort y seguridad a la población, promover hábitos saludables y posibilitar un ambiente construido propicio, para un desarrollo sostenible sistémico. En el caso de países tropicales como Colombia, la estabilidad climática de su territorio no presenta más de 18°C de variación, entre las temperaturas mínimas y las máximas diarias promedio, durante todo el año, con humedades relativas medias entre 60% y 80%, y periodos alternados de lluvia y tiempo seco con variaciones mensuales a lo largo del año. En el caso de la ciudad de Medellín, contexto geográfico de esta investigación, su localización a 1500 msnm determina un clima andino tropical templado, con temperatura mínima promedio de 17°C, media diaria de 24°C y máxima promedio de 32°C.

Este favorable entorno climático posibilita que la arquitectura pueda ofrecer altos niveles de habitabilidad, sin mayores inversiones materiales y energéticas, frente condiciones de temperatura, humedad del aire, iluminación y ventilación natural, a partir de proyectos arquitectónicos que integren premisas de diseño pasivo, con sistemas bioclimáticos y sostenibles. Pero en la realidad del contexto colombiano, la población de escasos recursos no puede acceder a proyectos de vivienda con calidad urbana y espacial, porque los desarrollos que promueve el estado, no ofrecen garantías mínimas de habitabilidad, por tratarse de una política de asistencia, basada en la eficiencia del recurso económico y material, con proyectos distantes de ser considerados como arquitectura. (AMVA – UPB 2015)

Desde que la población urbana sobrepaso la rural, hace ya cinco décadas, se ha hecho necesario para Colombia la formación de entidades, programas e instrumentos para la adopción de políticas que velen por el bienestar de los habitantes en términos de salubridad, y que promuevan el derecho a la vivienda digna como base fundamental de la constitución política colombiana. Algunas de las leyes que reglamentan la distribución de recursos en Colombia son:

- la Ley 1679 de 2015, La Ley 1150 de 2007 encargadas de la planeación y distribución de los recursos económicos en el sector de la salud.
- Ley 1448 de 2011, ley 1537 de 2012 garantes de mantener como principio el derecho a la vivienda digna, incluyendo a el sector de escasos recursos de la población, víctimas de la violencia.

Tanto el sector residencial como el sector de la salud, pretenden tener un sistema incluyente en donde se promueva el bienestar común, pero el estado no cuenta con una gestión adecuada de los recursos, que permita asumir de manera responsable los retos futuros que se aproximan para el país. Entretanto, las entidades estatales encargadas de la salud y el sector residencial, permanecen alejados de este entorno social, debido a un desarrollo orientado al servicio del sector privado,

ausente del debate, la reflexión y la proposición de soluciones, al problema del hábitat y salubridad en el sector de escasos recursos del país, quienes sobreviven en barrios marginales de las principales ciudades (Figura 1).

Figura 1. Barrios marginales de la ciudad de Medellín, contexto de la investigación



En la actualidad, diferentes intentos de tratamiento y soluciones para la salubridad y la habitabilidad, continúan siendo solo una confrontación con la disposición de recursos de inversión estatal, limitados y orientados para reparar estas situaciones, dando como resultado barrios y comunidades con cierto grado de consolidación social pero aún marginal, debido a que no se incluye en estas soluciones suficientes recursos técnicos y tecnológicos para la solución integral de los problemas, mientras estas comunidades permanecen en ambientes que no cuentan con buenas condiciones de habitabilidad y bienestar en sus viviendas, lo que se convierte en un aspecto determinante para la salud de los habitantes del territorio. Ante este panorama es necesario que el Estado, el gremio de la arquitectura y los encargados de la gestión de salud pública, respondan con presencia, responsabilidad civil y calidad en la propuestas, para dar soluciones integrales a los sectores más vulnerables de la población, que vive en esta situación en el área metropolitana de la ciudad de Medellín y en todo el país, para cumplir con el desempeño ético profesional estipulado, por toda la reglamentación ética que rige para todos los profesionales de Colombia.

2. OBJETIVO GENERAL

Analizar la inversión anual estatal específicamente en los sectores de la salud pública y la vivienda en Colombia, teniendo como base datos del Sisben (Censo poblacional de Colombia), documentos asociados con la inversión en vivienda de interés social y vivienda de interés prioritario en los últimos años en el país.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1.1 Identificar y analizar condiciones arquitectónicas y constructivas, que presentan impactos en la salud de la población con muestras poblacionales selectivas en Medellín.

2.1.2 Formular estrategias de diseño y mejoramiento integral de las viviendas, a partir del análisis de factores humanos de habitabilidad, los aportes de la arquitectura bioclimática aplicada y la formulación de procesos de rehabilitación sostenible orientados a mejorar las condiciones actuales de insalubridad de viviendas en zonas periféricas de la ciudad de Medellín.

2.1.3 Analizar la viabilidad de cambiar el modelo de inversión estatal en términos de salud pública y vivienda en Colombia

3. MARCO TEÓRICO

La salud pública está condicionada por el modelo de desarrollo imperante en cada sociedad y la forma como éste se articula con las estructuras administrativas en la mediación Estado-Sociedad. El estado colombiano direcciona el desarrollo desde modelos ideales de consolidación del ambiente construido, con estrategias de seguridad, el seguro y la asistencia social. La seguridad social se define como el conjunto de medidas previsivas que se dirigen a garantizar a los habitantes del país, los medios económicos para lograr condiciones mínimas de comodidad, salud, educación y recreación, así como las providencias contra riesgos inherentes a la vida humana, como desempleo, enfermedad, invalidez parcial o total, vejez, oportunidad de educación y problemas de salud mental. Las EPS, IPS y el SISBEN son el resultado de la aplicación estratégica de una política de seguridad social, amparada en principios de solidaridad y universalidad, con estrategias como el aseguramiento: *"conjunto de transacciones mediante las cuales el pago de un monto determinado permite recibir otro pago si ocurren ciertos eventos"*, por lo cual sólo cubre una parte de los riesgos naturales de la vida.

Pero en Colombia las entidades encargadas de asegurar a los ciudadanos, no alcanza a mantener las condiciones mínimas del bienestar, porque se limita a cubrir la enfermedad y algunos riesgos económicos, sin garantizar los derechos sociales, pues sólo responden a las demandas surgidas de la industrialización. Finalmente, la asistencia social es un mecanismo donde las previsiones financieras están a cargo de los recursos públicos y se dirigen a la población más vulnerable y débil de la sociedad, que no tienen capacidad para contribuir a las cajas de previsión o que no se han incorporado a ellas debido a procesos laborales de informalidad.

Pero el principal problema del Estado Colombiano es apoyarse en modelos de desarrollo foráneos e impuestos desde el contexto macropilítico, que carecen de la visión real del panorama, social, ambiental y económico del país. En este contexto los problemas de salud pública deberían abordarse idealmente para superar la pobreza multidimensional, el desempleo y la deuda social acumulada en más de 50 años, con iniciativas propias que, aunque tomen de referente formulaciones externas, posibiliten el reconocimiento de las diferencias culturales, tecnológicas, económicas, políticas y sobre todo sociales del país. En un país con 48,202,617 habitantes de los cuales 6.044.200 millones de ellos son desplazados (según el DANE) es evidente un escenario de debilidad estatal, donde las nociones de pobreza e inequidad constituyen el principal punto de partida para contextualizar y definir las necesidades básicas no cubiertas, en temas de habitabilidad residencial y salud pública en Colombia. En términos de vivienda según la alcaldía de Medellín, se necesitan 49.289 viviendas nuevas, pero también es necesario evaluar la calidad de viviendas existentes, en donde 43.349 cuentan con condiciones precarias de edificación y ponen en riesgo la salubridad e incluso la vida de sus habitantes.

Es posible considerar entonces, que un escenario social tan complejo como el de Colombia, con altos niveles de pobreza multidimensional, altos índices de desigualdad y un medio rural que dejo ser social, para ser campo de batalla entre grupos al margen de la ley y terratenientes privados,

generando millones de desplazados a las principales ciudades, para aumentar los bordes de expansión urbana con miseria y carencias en los sistemas básicos de salud y bienestar, se perciban sólo como responsabilidad del Estado y su sistema de asistencia social. Lo que hace evidente la necesidad de replantear el método por el cual se reparten los recursos económicos en el país, mejorando la calidad de vida de las personas desde su vivienda y utilizando la política de prevención de enfermedades, partiendo de un entorno y un contexto sano. (Mary Lee Victor Rubin 2007)
Cuando se analizan temas de habitabilidad y salud pública en las ciudades, es necesario e importante considerar que el bien común es la base para cualquier modelo social, que pretenda orientarse por un desarrollo sostenible sistémico. En este escenario, un enfoque profesional desde la construcción del ambiente construido y los servicios de salud, debe tener como base que la noción de sostenibilidad sistémica, supera los aspectos de la sostenibilidad ambiental, para establecer equilibrios entre los factores sociales y el desarrollo económico. Desde esta perspectiva el estado deberá crear nuevas políticas ajustadas al contexto socio económico del país. (Karen Villanueva 2014). Dos elementos permiten diferenciar conceptualmente la desigualdad de la pobreza. De un lado, la desigualdad involucra el estudio de toda la población de interés, mientras en el de pobreza sólo importa un grupo particular de esa población que cumple ciertos requisitos en términos de carencia de recursos. Por otro lado, el concepto de desigualdad es en sí mismo relativo, el de pobreza en muchas ocasiones involucra elementos de carácter absoluto (Índice de calidad de vida en Colombia 2015)

4. METODOLOGÍA

Los datos fundamentales para el desarrollo de este trabajo fueron obtenidos a partir de un estudio documental realizado entre los años 2012 y 2016, sobre las condiciones de calidad de vida y salud pública presentes en viviendas de sectores informales y de bajos recursos, realizado en la línea de investigación en hábitat sostenible, adscrita al GAUP (Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje). Esta información se complementa con datos oficiales del estado colombiano sobre inversiones anuales en tema de salud y construcción. Con el fin de comprobar que la habitabilidad de las viviendas, es determinante para la salud de las personas, se analizan aspectos de la arquitectura que tienen impacto en la habitabilidad como el hacinamiento, privacidad, calidad del aire, calidad de la iluminación, condiciones higrotérmicas, seguridad y ergonomía. El desarrollo de este ejercicio contempla cuatro etapas:

4.1 Fundamentación teórica

Revisión de los aspectos de habitabilidad que pueden afectar la salud de las personas y definición de los criterios de selección de los estudios, que deben ser considerados para el análisis de cada vivienda informal. Según los estudios previos en arquitectura y salud pública (Gómez, González 2016).

4.2 Análisis documental

Datos generales de administración de las entidades que regulan la construcción y la salud en Colombia, a partir de datos cuantitativos determinar, cuánto y en qué proporción son distribuidos los recursos económicos, para analizar la eficiencia de estos en términos de sostenibilidad sistémica. Se estudiarán datos ofrecidos por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), el SISBEN (Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales).

4.3 Procesamiento de la información

A partir de tablas y gráficos estadísticos, identificar estrategias que contribuyan a una correcta distribución, de los recursos económicos en el sector de la construcción y la salud, basados en el nivel de pobreza multidimensional y el contexto socio cultural colombiano. El punto central de este ejercicio es considerar la vivienda social como factor de salud pública, obteniendo así, mayores recursos para un ambiente construido saludable, desde una perspectiva de la mitigación y prevención de problemas de salud de la población. Este ejercicio se basa por lo tanto en la identificación de las principales afectaciones que se presentan en términos de salud pública, presentes en las viviendas informales, tal como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Enfermedades determinadas por la investigación en arquitectura y salud pública en el sector residencial de escasos recursos en Medellín Colombia (Gómez, González 2016)

	Cáncer		Enfermedades de la piel
	Enfermedades Infecciosas		Quemaduras
	Enfermedades Respiratorias		Enfermedades infecciosas fecales
	Enfermedades Pulmonares		Enfermedades diarreicas
	Enfermedades relacionadas con insectos		Estrés
	Perdida de la visión		Pérdida auditiva
	Dolor de cabeza		Obesidad
	Infecciones respiratorias agudas		Enfermedades cardiovasculares
	Depresión		Problemas cognitivos
	Pánicos, ansiedad		Autoestima
	Mala relación social		intoxicación
	Alzhéimer		Lesiones físicas
	Hiperactividad		Alergias respiratorias

4.4 Propuestas de inversión

A partir del análisis del impacto en salud pública presentes en las viviendas informales, se determina que fracción de la inversión estatal en salud, podría dedicarse a la rehabilitación de viviendas, a mejorar el déficit existente y a la prevención de patologías, orientadas a un marco de desarrollo posible desde una política pública de viviendas saludables. Teniendo en cuenta que muchas de las enfermedades actuales podrían prevenirse desde una buena arquitectura, si se disminuye el porcentaje de alunas enfermedades, simultáneamente podría replantearse la inversión en salud pública y redistribuirse en términos de vivienda.

5. RESULTADOS

Según datos del DANE 2015, el déficit de vivienda en Colombia en términos cuantitativos es de 1.093.000 viviendas, y en términos cualitativos es de 554.000 viviendas, por lo tanto, si una familia promedio es de 4 personas, es posible determinar que 2.166.66USD no tienen garantía de una vivienda digna, condición que podría considerarse, por lo tanto, como un problema de salud pública. A pesar de que los esfuerzos del estado se orientan en la construcción de soluciones de vivienda de interés social (VIS) y vivienda de interés prioritario (VIP), para cubrir el déficit cuantitativo con

inversiones de 14.333.33 USD por unidad de vivienda, este tipo de viviendas tampoco generan un hábitat saludable, pues se trata de proyectos básicos de relación de costo por m^2 construido, sin estudios bioclimáticos ni de habitabilidad, donde persisten los problemas de salud identificados en investigaciones previas a este trabajo (Gómez, González 2016). Entre tanto, para el déficit cualitativo se destinan inversiones promedio de 5.333.33 USD, las cuales, además, no tienen un alto nivel de cobertura, debido a los requisitos y procesos de gestión poco eficientes, y que no integran tampoco estudios de habitabilidad (Lopera, González 2016).
En los estudios preliminares de esta investigación se pudo establecer que, los espacios de la vivienda que más afectaciones tienen en términos de salud pública son la cocina y el baño, según una muestra de 150 casos de estudio (Gómez & González). Las siguientes imágenes y gráficas muestran en detalle las afectaciones presentes en estos espacios:

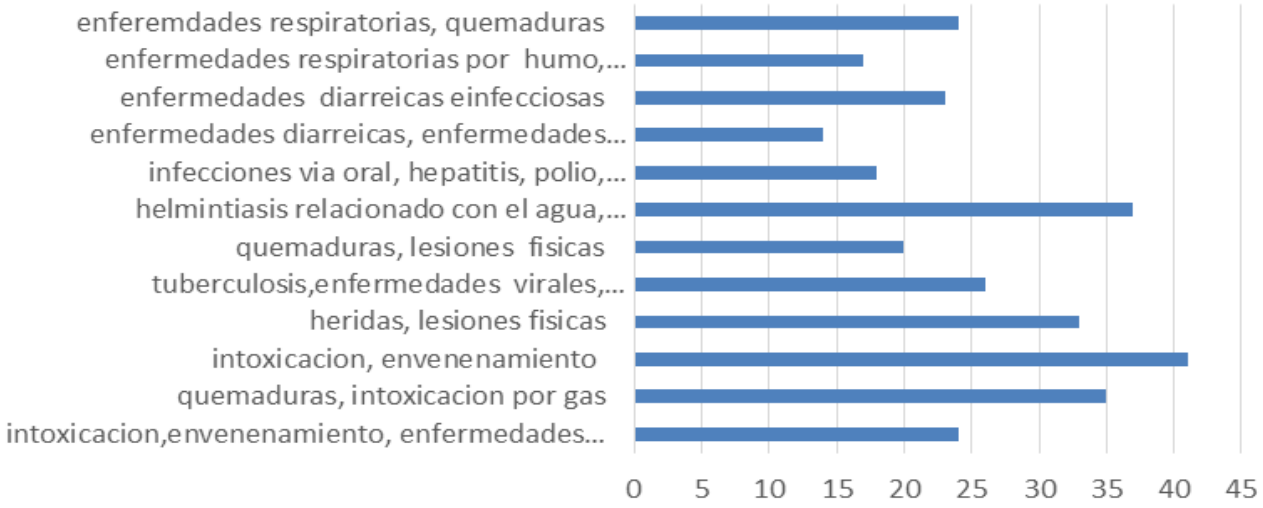
Figuras 2 y 3. Estado de algunas de las cocinas de los casos de estudio





Los problemas más recurrentes en los espacios de cocina de las viviendas informales son la distribución espacial para efectos de funcionalidad, la carencia de acabados y superficies para facilitar la limpieza necesaria para los procesos de preparación de alimentos, ausencia de ventilación e iluminación natural y la necesaria disposición de muebles para almacenamiento y control de utensilios y alimentos. Estas condiciones hacen que las cocinas sean los espacios que mayor vulnerabilidad aportan a un ambiente de salud residencial, porque confluyen riesgos físicos y biológicos, que pueden derivar incluso en accidentes graves y muertes accidentales de la población más vulnerables, constituida principalmente por ancianos y niños.

Figura 4. Afectaciones en cocinas

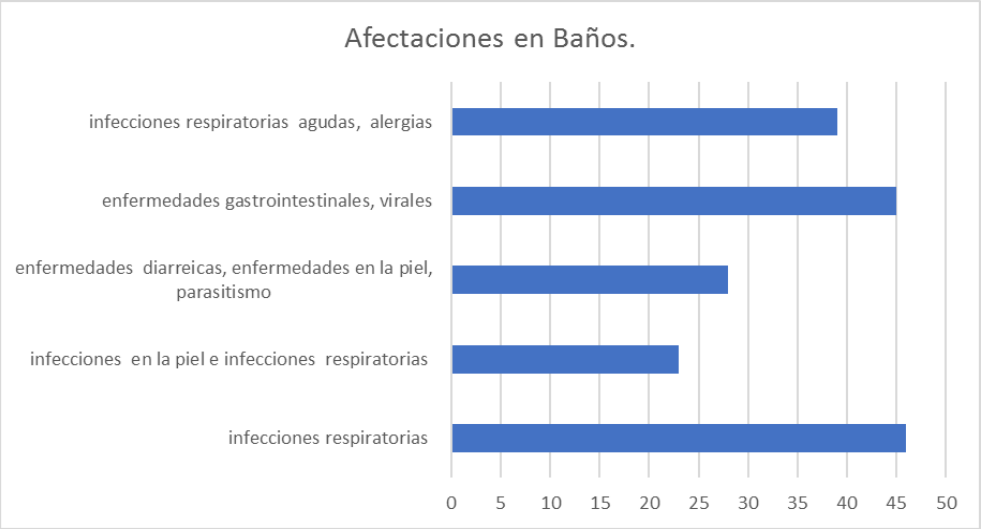


Figuras 5 y 6. Imágenes de baños tomadas de los casos de estudio



En las unidades de baño es recurrente la carencia de acometidas de agua potable para uso y limpieza de estos espacios, debido al origen informal de las viviendas, presentando así acumulación de desechos orgánicos, que derivan en malos olores y ambientes con altos niveles de contaminación biológica. Adicionalmente es común la mezcla de usos como el lavado de ropas o utensilios de cocina sin los debidos controles para minimizar los riesgos en la salud de las personas. En términos arquitectónicos se revela la carencia de acabados de calidad y las condiciones de ventilación e iluminación natural necesarios para un mejor uso de estos espacios.

Figura 7. Afectaciones en baños



Según Gómez y González (2016) las inversiones necesarias para rehabilitar viviendas en Colombia, podrían estimarse en USD 1500 por unidad habitacional, para la mejora específica de cocinas y baños.

Para costos de 2016 la solución del problema habitacional en Colombia podría calcularse en 15.700 Millones de USD, teniendo en cuenta que la ausencia es de 1.093.000 viviendas y que se necesitaría un valor aproximado de 14.364,1354 USD por cada vivienda. Mientras que resolver el déficit cualitativo podría estimarse en 2.220 millones de USD, para 554.000 viviendas, invirtiendo en cada una, un promedio de 4.007.220 USD teniendo en cuenta que se invertirá solo en la mejora de los lugares que mayor porcentaje de patologías tiene dentro de la vivienda tales como el baño y la cocina (Alma-Ata 1978). Lo que en total sumaría 17.920 millones de USD.

Entre tanto, según los administradores del presupuesto estatal (unidades ejecutoras ministerio de salud de Colombia), en el 2016 se ha hecho un gasto de 69.334 millones de USD, con un incremento proyectado para el cuatrienio 2017-2020, del 25%, es decir de 17.325 millones de USD. Todo esto a causa del incremento de patologías por la carencia de políticas de prevención en temas de salud pública y el desorden en la gestión y manejo de los recursos económicos por las entidades estatales; Por lo tanto, si el sistema de salud enfocara sus proyecciones de incremento en un modelo de gestión de viviendas de alta calidad ambiental, teniendo en cuenta los factores humanos, podría cubrirse un 96% el problema habitacional.

Estos datos permiten considerar que, si el incremento en la inversión en salud se destinara, para el desarrollo de viviendas de mejor calidad y se rehabilitara con criterios de eficiencia energética y habitabilidad, los retornos en el sistema de salud por un modelo de asistencia preventiva, resultarían en un mayor beneficio económico y social para un país como Colombia.

Aunque estas proyecciones resulten en cruces de inversión estatal entre diferentes carteras públicas, podría estimarse que solo la rehabilitación de cocinas y baños, podría tener mayor viabilidad burocrática, pues se estima que el costo de mejorar las condiciones de salud de las viviendas informales sería de 831 Millones de USD, es decir sólo el 1.2% del presupuesto de salud de Colombia en el 2016, al mismo tiempo que se estaría haciendo una importante inversión en salud pública con una política preventiva.

6. CONCLUSIONES

Esta investigación propone un modelo de inversión social, donde la mejora integral de viviendas debería considerarse como un asunto de la salud pública en Colombia y latino América, con una mayor eficiencia en las inversiones, orientadas a mejorar la habitabilidad de la población.
La mayor cantidad de viviendas, se encuentran edificadas actualmente, por lo cual uno de los frentes más relevantes de la investigación es el enfoque de rehabilitación, de acuerdo con el articulo Arquitectura y salud pública en el sector residencial de escasos recursos (Gómez, 2016) específicamente la rehabilitación debería realizarse en baños y cocinas dado que en dichos espacios se encuentran la mayor probabilidad de contraer patologías en la vivienda.
A partir de la investigación se hace evidente que si la calidad de la vivienda mejora en términos de salud pública y sostenibilidad la calidad de vida de los habitantes mejora en consecuencia.
Si el estado tiene una mayor inversión en vivienda, orientada a la prevención de enfermedades y la sostenibilidad sistémica, la salud pública de los colombianos mejoraría e incluso se mitigarían muchas de las problemáticas que se aluden a la escases de recursos.

REFERENCIAS

Carta: Alma-Ata. Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud, URSS. Ginegra. (1978).

Libro: A. González, J.E. Roldán, J. Suárez Thermal improvement for fiber-cement covers: Radiant Barriers Applied one covers social housing, Group EMAT, Colombia (2004)

Libro: Santra. Isaza, Arq., Hospital Design Guidelines for Latin America Pan American Health Organization World Health Organization (1991)

Credencial History. Bank of the republic: cultural activity. (2009).

Estadística virtual: Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Medellin population census. Medellin. (2007).

Libro: Villanueva. The impact of the built environment on health through the life course: the design of the United Nations study Databinding cross section. Gavin Pereira. (2014).

Libro: Lee, Rubin. Environmental Impact Built on the health of the community: the state of current practices and next steps for a growing movement. Oakland and Los Angeles. (2007).

447. HABITAÇÃO SOCIAL: O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA COMO VETOR DE EXPANSÃO URBANA

KALIL, Rosa M. L.[1](kalil@upf.br); GELPI, Adriana[2] (gelpi@upf.br); OLIVEIRA, Wagner M. de[3] (wagneroliveira@upf.br); FENGLER, Jaqueline B.* [4] *(1419 00@upf.br); CENCI, João H.* [5] *(141903@upf.br);*

[*]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[2]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[3]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[4]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
[5]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

Inúmeros núcleos habitacionais estão sendo produzidos no Brasil a partir das políticas habitacionais e do Programa Minha Casa Minha Vida. A predominância de construção em áreas de expansão urbana, gera assentamentos habitacionais homogêneos com baixa diversidade de usos. Este trabalho apresenta estudo de caso em Passo Fundo (RS), que analisa conjunto habitacional de promoção privada das unidades habitacionais e promoção pública de infraestrutura e equipamentos comunitários. A análise é realizada com base em métodos e conceitos de valoração integral das áreas habitacionais propostos por Montaner, Muxi e Falagan (2011), à luz da teoria de "Habitar o presente", refletem sobre a unidade habitacional num contexto contemporâneo de grandes transformações sociais, culturais e tecnológicas agrupando uma série de questões em quatro grandes áreas: 1) sociedade, 2) cidade, 3) tecnologia e 4) recursos. Como resultados preliminares, verifica-se que no caso em estudo, a combinação de políticas públicas nacionais com programas de investimentos locais, possibilita gerar assentamentos urbanos que em médio prazo ofereçam consolidação e qualificação. A diversidade de tipologias habitacionais para usuários de faixas de renda mescladas, tecnologias construtivas racionalizadas e conexão com a malha urbana, favorecem a sustentabilidade urbana e a inclusão social e dos moradores.

Palavras-chave: habitação social; paisagem urbana, assentamentos urbanos, política habitacional

SOCIAL HOUSING: THE PROGRAM MY HOUSE MY LIFE AS VECTOR OF URBAN EXPANSION

ABSTRACT

Numerous housing units are being produced in Brazil based on housing policies and the Minha Casa Minha Vida Program. The predominance of construction in areas of urban expansion, generates homogenous housing settlements with low diversity of uses. This paper presents a case study in Passo Fundo (RS), which analyzes housing developments for the private promotion of housing units and public promotion of community infrastructure and equipment. The analysis is based on the methods and concepts of comprehensive valuation of the housing areas proposed by Montaner, Muxi and Falagan (2011), in light of the theory of "Living the present", reflect on the housing unit in a contemporary context of great social transformations, Cultural and technological grouping a series of issues in four major areas: 1) society, 2) city, 3) technology and 4) resources. As preliminary results, it can be verified that in the case under study, the combination of national public policies with local investment programs makes it possible to generate urban settlements that, in the medium term,

offer consolidation and qualification. The diversity of housing typologies for users of mixed income ranges, rationalized constructive technologies and connection with the urban network, favor urban sustainability and social inclusion and of the residents.
Keywords: Social habitation; Urban landscape, Urban settlements, housing policy

1. INTRODUÇÃO

As recentes políticas públicas para habitação de interesse social, no Brasil, têm criado uma paisagem de novos condomínios e loteamentos nas periferias das cidades brasileiras. A morfologia urbana das periferias se reconstrói, ao espaço informal somam-se conjuntos padrão de unidades habitacionais repetitivas. A forma urbana produzida intencionalmente afasta o singular e o inesperado da autoconstrução, pretendendo padronizar e atender demandas reprimidas numa questionável e massiva reprodução de guetos de moradias, mas não de pertencimento às cidades.

Verifica-se, desta forma e de acordo com Maricato (2011) que apesar das críticas ao processo da construção das habitações de interesse social implementadas no país, no final do século XX, as dimensões, a uniformidade e o distanciamento das facilidades urbanas tem se repetido. Neste contexto, à periferia das cidades é agregada uma massa edificada de habitações unifamiliares ou multifamiliares uniformes e monótonas instaladas em grandes áreas monofuncionais.

Na cidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, repete-se o processo, mas o conjunto habitacional em estudo diferencia-se dos demais por estar localizado numa área de expansão legal da cidade, prevista em seu Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (2006) e por apresentar tipologias habitacionais variadas, sistema construtivo diferenciado em relação às construções padrão dos programas habitacionais convencionais e por abrigar frações sociais diferenciadas em suas moradias.

Num município que apresenta crescimento populacional positivo, estes elementos pressupõem uma diferenciação na construção de novas paisagens urbanas, pois o loteamento e o conjunto habitacional analisado se encontram numa área de expansão da cidade, uma parte da cidade em construção, sendo dotada de relativa infraestrutura e equipamentos urbanos.

1.1 Definição do tema

O trabalho aborda a formação de novas paisagens urbanas a partir da implantação de núcleos habitacionais de interesse social em áreas periféricas de cidade média brasileira. Estudos realizados por Maricato (2011), Bonduki et al. (2012) e por pesquisadores de todo o Brasil, avaliam a dinâmica da política habitacional a partir da implantação do Ministério das Cidades, da retomada de financiamentos habitacionais e de desenvolvimento urbano. Ressaltam a dificuldade de avaliar a efetividade dos mesmos na redução do déficit, na qualificação do hábitat e na continuidade dos programas, devido à diversidade das situações no território, pela insuficiência de estruturas administrativas e operacionais confiáveis e independentes de gestões políticas em todos os entes federados.

O programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) foi um marco na política habitacional por destinar um alto volume de subsídios diretos, destinados ao comprar e priorizando famílias de menor renda, conforme previsto no Plano Nacional de Habitação. As famílias com até três salários mínimos de renda (faixa 1) receberam subsídios mais elevados, e as de três a seis subsídios decrescentes (faixa 2), conforme a renda. Também as de renda familiar de seis a dez salários mínimos (faixa 3) foram beneficiadas com redução de juros e outros benefícios. Em relação a projetos anteriores,

houve estiramento exagerado das faixas de renda, beneficiando segmentos da classe média, e gerando mercado para o setor privado. O alto volume de subsídios diretos à moradia é a espinha dorsal do MCMV, tornando a política incerta, pois a suspensão dos subsídios paralisará todo o sistema em seu entorno (MEYER, 2014: 117).

Mesmo com subsídios e benefícios previstos houve muita dificuldade em viabilizar projetos nos principais centros urbanos, principalmente nas metrópoles, devido à escassez de terrenos integrados às cidades e, consequentemente, seus preços estariam inviabilizando os projetos. Desacompanhado de políticas urbanas e pautado basicamente por critérios de viabilização financeira, o MCMV induz os agentes a procurarem terrenos baratos e distantes, reproduzindo o antigo modelo do BNH e Cohabs, os quais produziam grandes conjuntos há horas de distância dos centros das cidades e dos empregos. (MEYER, 2014: 121-122).

Segundo Shimbo (2012) ao analisar o papel das empresas construtoras nesse processo, “a produção das cidades no Brasil se alterou profundamente neste início do século XXI. Num período de cinco anos, sobretudo entre 2006 e 2010, grandes empresas construtoras e incorporadoras passaram a ofertar habitação para as camadas de baixa renda da população imprimiram um ritmo acelerado na verticalização e no espraiamento dos tecidos urbanos“.

Mesmo assim, observa-se maior exigência do programa e da Caixa Econômica Federal em relação à inserção e qualidade urbana. Meyer (2014) aponta que os projetos apresentados devem contemplar questões urbanas locais do empreendimento: transporte, iluminação, coleta de lixo, abastecimento de água e energia, solução de esgotamento e inserção na malha urbana. No MCMV 2 incluiu-se a exigência da provisão de drenagem pluvial, vias de acesso e circulação pavimentadas, calçadas, guias e sarjetas, além da “adequação ambiental do projeto”. Quanto à localização restringe a exigir a “localização do terreno na malha urbana ou em área de expansão que atenda aos requisitos estabelecidos pelo Ministério das Cidades, observado o respectivo Plano Diretor, quando existente”, e a exigência ou compromisso do poder público local de instalação ou de ampliação dos equipamentos e serviços relacionados à educação, à saúde, ao lazer e ao transporte público. “De qualquer forma, ao deslocar a população para locais distantes esse modelo satura o sistema viário, degrada o meio ambiente e segrega os moradores socialmente, de forma a dificultar o acesso às oportunidades de emprego e de serviços, o que configura a maior fragilidade do MCMV” (MEYER, 2014).

A construção de novas paisagens urbanas constituídas por conjuntos habitacionais de tipologias diferenciadas pode ser documentada em pesquisas realizadas por Kalil et al. (2014).Os autores registraram que os novos projetos de conjuntos habitacionais de interesse social seguiram a política nacional com foco em projetos de caráter local, em núcleos de menor porte, financiados com recursos federais com uma contrapartida municipal (BRASIL, 2012). Nesse contexto, vários núcleos foram construídos em Passo Fundo com tipologia de unidades térreas isoladas, geminadas e tipologia de unidades multifamiliares de quatro ou cinco pavimentos. (KALIL, 2003; SOBARZO, 2010, KALIL et al., 2014).

Em Passo Fundo, cidade média do norte do Rio Grande do Sul, Brasil, nas décadas de 2000 a 2012, os programas habitacionais de interesse social passaram a ser realizados pelo governo municipal com aporte de recursos federais e contrapartida local, sendo executados por empresas construtoras privadas. No Programa Minha Casa, Minha Vida os conjuntos mais recentes estão recebendo urbanização mais completa, como sistema viário e passeios pavimentados, iluminação pública e equipamentos comunitários nas proximidades.

1.2 Caso de estudo: Jardins Nativos

O objeto da pesquisa é o conjunto habitacional denominado Jardins Nativos, programas habitacionais de interesse social do programa Minha Casa Minha Vida, localizado na Vila Donária, Setor 8 – Bairro Santa Marta, em área periférica e distante cerca de 6 km do centro da cidade de Passo Fundo. Nesta área está prevista a expansão urbana e a densificação habitacional, de acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (2006) e plano urbanístico municipal (2012) aprovado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento. Nesta área localizam-se os empreendimentos habitacionais mais recentes e que apresentam diferenciais quanto às tipologias habitacionais e às tecnologias construtivas executadas em loteamentos convencionais.

O Setor 08 conta com uma área de 5,61 km², constituindo-se assim uma área de expansão urbana, sendo que em 2010 contava com uma população de 5.355 habitantes e uma densidade demográfica de 954,55 hab./km² (IBGE, 2010). Este setor está recebendo investimentos de plano urbanístico municipal, sendo prioritário para a implantação de empreendimentos sociais. Nele foram implantados diversos projetos habitacionais denominados Vila Donária (2010 e anos anteriores). Contudo, ainda são poucos os equipamentos urbanos existentes: escola de ensino fundamental e médio, escola de educação infantil, unidade de saúde, centro de assistência social, capelas e comércio de pequeno porte. O setor não apresenta áreas verdes públicas, nem equipamentos públicos de lazer ou esporte, apenas alguns clubes privados.

O Condomínio Jardins Nativos vem sendo implantado desde o ano de 2012 sendo subdividido em 17 condomínios fechados, que contarão cada um com 24 unidades habitacionais, em diferentes modalidades (isoladas, térreas geminadas, sobrados de apartamentos), e que serão financiadas através de uma parceria entre a Prefeitura Municipal e a Caixa Econômica Federal por meio do Programa Minha Casa Minha Vida. Está localizado em área de 40 hectares, delimitada pelas as ruas Dona Georgina Schell, Muçum e Miguelzinho Vargas, na parte sudoeste do bairro, com área de preservação a oeste. A área foi designada como Zona Especial de Interesse Social em legislações de 2009, 2010 e 2011.

2. METODOLOGIA

O trabalho está encaminhado, tendo-se como base, de acordo com Werna (2001), uma metodologia que combina a avaliação do produto – neste caso, a unidade habitacional e seu coletivo, com uma avaliação do processo, que inclui uma análise dos mecanismos institucionais utilizados pela municipalidade, ou seja, os programas adotados, suas implantações nas áreas urbanas, e a avaliação dos atores sociais envolvidos na aquisição da habitação.

Após a caracterização geral do conjunto habitacional será avaliado sua inserção urbana, entendendo-se por inserção urbana a forma com que o conjunto e as unidades habitacionais unifamiliares e multifamiliares se articulam no e com o espaço urbano, considerando-se sua localização, a sua adequação ao entorno, as suas conexões com as infraestruturas e o atendimento por serviços públicos.

Na análise do conjunto habitacional serão aplicados os métodos e os conceitos básicos de valoração integral das áreas habitacionais propostos por Montaner, Muxi e Falagan (2011), no que se refere à teoria de “Habitar o presente”, onde os autores refletem sobre a unidade habitacional num contexto contemporâneo de grandes transformações sociais, culturais e tecnológicas

agrupando uma série de questões em quatro grandes áreas: 1) sociedade, 2) cidade, 3) tecnologia e 4) recursos.

Em relação à Sociedade (1) contemporânea, os autores ressaltam a readequação e diferenciação da composição dos grupos familiares; onde a posição do chefe de família provedor, mãe cuidadora e grande número de filhos deve ser revista e cuja estrutura não é mais rígida e hierarquizada; a residência passa a ser também, um espaço de trabalho e de armazenamento. Observam que os novos padrões sociais contemporâneos requerem tipologias habitacionais diferentes. Pois a heterogeneidade da sociedade atual com distintos níveis de renda, de composição familiar multifacetada, de tipos de ocupação profissional diversificados, de gêneros, de níveis de estudos diferenciados, de estrutura demográfica em transformação e com mudanças endógenas na estrutura dos lares alteram significativamente, as propostas tipológicas e morfológicas, para os conjuntos habitacionais a serem propostos.

Em relação à Cidade (2), os autores questionam a relação da unidade habitacional com o espaço urbano, observando que a habitação deve estar inserida na cidade e não ser um apêndice a ela. Neste sentido, os valores de proximidade; a relação da habitação com espaço público; os espaços de convivência e de usos; assim como os espaços intermediários assumem, talvez, maior importância que a própria unidade habitacional. São potencializados os valores de proximidade, onde os moradores devem realizar o máximo de atividades cotidianas em distâncias percorridas a pé, com trajetos alternativos, podendo escolher entre diversas opções, ter fácil acesso ao transporte público, às compras do cotidiano, à educação, ao trabalho, à saúde, ao esporte, ao lazer a aos equipamentos do bairro. Os autores colocam que a residência deve ser compreendida como “o projeto urbano”, ou seja, o projeto residencial deve ser visto como parte de um projeto urbano equilibrado. As unidades habitacionais não podem ser peças autônomas. Quando funcionais devem favorecer a potencialização de redes sociais e comunitárias criando a cidade real sobre as bases de um bom projeto urbano (MONTANER, MUXI e FALAGAN, 2011, p. 45).

Em relação à Tecnologia (3) os autores abordam a formalização, a adequação tecnológica e das instalações da unidade habitacional. Sugerem a agrupação de áreas úmidas; a adaptabilidade e a qualidade da construção, que deve, necessariamente, abrigar inovações tecnológicas, inserindo a residência numa realidade cada vez mais mutante. Dentro desta realidade, devem ser pensados novos dispositivos, que ofereçam alternativas às estratégias convencionais para uma família tipo. Neste sentido, as respostas projetuais devem ser capazes de adequar-se a um sem número de fatores como a flexibilidade, uma das condições essenciais ao espaço habitável, mantendo uma adequada articulação com os sistemas, as estruturas e os elementos construtivos. Estes elementos, assim como os fechamentos e as instalações devem ser pensados para permitir uma maior evolução e adequação às mudanças dos usuários. (MONTANER, MUXI e FALAGAN, 2011, p. 51-54).

Os autores sugerem que a estanqueidade do projeto e da edificação não devem se converter em obstáculos para as transformações e adequações da residência às especificidades de cada família, numa sociedade em transformação. Devem então, comportar dispositivos técnicos que possibilitem o crescimento da superfície edificável, possibilitar as modificações internas dos espaços e a fácil atualização das instalações. Esta desejada adaptabilidade e flexibilidade construtiva poderão ser obtidas através do emprego de estruturas de grandes luzes, fachadas com repetição equidistante de vazios, a disponibilidade de divisórias leves, de elementos móveis, com maneiras fáceis de reparar ou transformar as instalações.

Abordando a questão dos Recursos (4), os autores propõem a retomada de partidos de projeto quase vernaculares, mas esquecidos em função do emprego das novas tecnologias, do uso da energia elétrica, do ar condicionado, do uso de elevadores, esquecendo o aproveitamento passivo e ativo do clima urbano, a exploração da ventilação cruzada, a eficiência energética, o aproveitamento dos resíduos e a reciclagem dos materiais, dos insumos e da própria energia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise em relação ao quesito Sociedade

O bairro Santa Marta, no qual se localiza a Vila Donária, é caracterizado historicamente por uma população de renda baixa, tendo iniciado nas proximidades de estação transformadora de energia implantada há cerca de quatro décadas e ao longo da via de acesso a distrito rural. Com moradias muito precárias no início de sua criação, era denominado vila Brasília; após surgiram habitações de baixo padrão, autoconstruídas. O bairro contava com reduzidos equipamentos comunitários: escola, capela e instituição de assistência social. Além de loteamentos populares, na década de 2010 passou a receber núcleos de habitação de interesse social, contribuindo para atendimento de famílias de baixa renda vindas de outras áreas da cidade.

O projeto em análise, ao mesclar condomínios para várias faixas de renda, proporciona mescla de frações sociais em função da diversidade socioeconômica. Traz proximidade nas relações comunitárias ao implantar condomínios de tipologias diferenciadas em vizinhanças muito próximas. Propõe a potencialização das redes sociais ao mesclar vizinhanças diferenciadas e espaços intermediários mais qualificados, pois um dos aspectos que diferencia este projeto de outros é a adoção de condomínios com número restrito de unidades habitacionais.

O projeto prevê a construção de cerca de 17 pequenos condomínios habitacionais, sendo que 13 já se encontram construídos e habitados. Foram planejados três tipologias de condomínios para duas faixas socioeconômicos de população e em conformidade com as possibilidades de financiamento do Programa Minha Casa Minha Vida. A tipologia de casas geminadas, destina-se a população carente, com renda familiar de 0 a 3 salários mínimos, enquadradas na faixa 1 de financiamento (Fig. 2). A tipologia de casas isoladas destina-se a população com renda familiar de 3 a 5 salários-mínimos, enquadrados na faixa 2 de financiamento (Fig. 3). Da mesma foram as tipologias de apartamentos em pequenos edifícios de 2 pavimentos destinam-se a faixa 2 (Fig. 4).

3.2 Análise em relação ao quesito Cidade

Em relação à cidade, o bairro periférico está sendo integrado ao tecido urbano por meio de projeto urbanístico de qualificação e ocupação populacional, que prioriza a inserção de projetos de habitação social. No entanto, sua localização, entre duas rodovias estaduais de alto fluxo, que formam anel viário que circunda a maior parte da cidade formal, gera limites marcantes, que se somam para dificultar a integração física e social do novo bairro.

O novo conjunto habitacional, mesmo tendo característica monofuncional, está gerando a implantação e a qualificação de equipamentos comunitários, propiciando mais acesso à educação (novas escolas de educação infantil e fundamental em implantação) e saúde (unidade de saúde em funcionamento). A perspectiva de novos moradores com renda um pouco mais elevada deverá trazer novos estabelecimentos comerciais e de serviços.

A pavimentação do sistema viário está sendo realizada por projetos financiados pelo governo federal e evolui acompanhando o processo de construção das moradias. Isto irá facilitar o deslocamento dos moradores para as atividades cotidianas e facilitar o acesso aso transporte público. As vias pavimentadas promovem uma maior acessibilidade e facilidade ao transporte público. Mas apesar destes diferenciais, constata-se que o empreendimento ainda se encontra muito distante das facilidades de um centro urbano consolidado.

Desta forma, este núcleo apresenta aspectos diferenciados em relação a outros projetos realizados no país, e poderá sugerir uma diversificação da morfologia urbana e da mescla social. Merece o acompanhamento do processo de consolidação do bairro para verificar a apropriação do território. Mas esses diferenciais qualificam a proposta.

3.3 Análise em relação aos quesitos Tecnologia e Recursos

Por ser projeto que atende aos requisitos do programa de financiamento MCMV, as tipologias seguem com espaços mínimos preconizados pelos editais, ou seja, máximo de 300 unidades por condomínio, casas térreas com mínimo de 32 m², apartamentos com 37 m². Da mesma forma, têm programa rígido, unidades com dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e área de serviço, sendo maior nos apartamentos que nas casas geminadas ou isoladas.

Os apartamentos apresentam área privativa de 58 m², mas são distribuídos em pequenos edifícios de dois pavimentos, formando condomínios fechados com salão de festa com churrasqueira e área de playground. As vias internas são pavimentadas com iluminação pública, áreas ajardinadas com estacionamentos e acesso para pedestres e veículos por portões eletrônicos.

A tecnologia construtiva em concreto moldado em grandes formas e cobertura em lajes pré-fabricadas não prevê a possibilidade de ampliação da área ou modificações internas. Por outro lado, oferece vantagens do ponto de vista de isolamento térmico e de acabamento. A racionalidade da obra inicia pela fundação em radier, com concreto reforçado com fibra de aço, instalações embutidas e arranque das paredes, facilitando a construção. Instalações hidrossanitárias com kits pré-cortados instalados em negativos no concreto vazado, forro de gesso e laje pré-fabricada, além de outros itens racionalizados.

Os acabamentos com massa texturizada e pintura, piso cerâmico, azulejos sobre chapisco nas áreas molhadas, conferem boa qualidade às moradias. As esquadrias externas de alumínio com veneziana e peitoril de granito, proporcionam ventilação e iluminação natural aos ambientes, reduzindo o uso de energia.

4. CONCLUSÃO

Em relação ao quesito Sociedade, a utilização de tipologias e de faixas de renda diferenciadas numa mesma área urbana, permite a diversidade de ocupação da área residencial. Os novos padrões sociais contemporâneos requerem tipologias habitacionais diferentes. Mas a rigidez nos ambientes, apenas unidades com dois dormitórios sugeridas pelo órgão financiador, prejudica o atendimento à a heterogeneidade da sociedade atual, de composição familiar multifacetada. Também desconsideram a questão de novas formas de trabalho, que poderiam utilizar espaços anexos aos recintos residenciais para a geração de renda.

Em relação à morfologia urbana analisada no quesito Cidade, verifica-se que o núcleo estudado apresenta uma diversidade relativa, com habitações térreas ou edifícios com poucos pavimentos, resulta em paisagem construída horizontal. Desta forma se incorpora, mas ao mesmo tempo preenche a paisagem existente, de habitações e equipamentos térreos e espraiados. Por ser área de expansão, com vazios urbanos, a morfologia adapta-se ao existente, ao mesmo tempo em que qualifica.

A tipologia adotada de núcleos na forma de condomínios fechados com número de 23 e 24 unidades unifamiliares ou 100 de unidades multifamiliares, embora segmente parcialmente o espaço urbano, parece resultar em melhor manutenção predial e das áreas comuns. Os limites impostos pela vizinhança, e a necessidade de respeito às normas condominiais cria responsabilidades mais definidas em relação à parte da infraestrutura (vias internas, sistema de tratamento de esgoto, áreas livres).

Como singularidade da proposta, além de infraestrutura mais completa em áreas abertas com gramado, vegetação, áreas permeáveis e iluminação pública interna, cada condomínio dispõe de espaços para estacionamento de automóvel próprio, uma nova realidade da população residente ocasionada pelo momento econômico brasileiro e pela opção do veículo particular em detrimento de melhor transporte público. Áreas comuns com espaços para lazer fechado e aberto são outro diferencial, especialmente em um bairro onde inexistem equipamentos comunitários de lazer e esportes.

Em relação às singularidades da proposta nos quesitos Tecnologia e Recursos, o sistema construtivo racionalizado surge como inovação, pois reduz desperdício, acelera o prazo construtivo e resulta em unidade habitacional com melhor qualidade construtiva. Utiliza aberturas com vedações nos dormitórios, orientação solar permitindo iluminação e ventilação natural e materiais com isolamento. As unidades para famílias de baixa renda, ao terem o dispositivo de aquecimento solar para água, contribuem para a redução de gastos energéticos na demanda e no orçamento das famílias.

Ressalte-se que embora entregue para a iniciativa privada, a construção do novo núcleo habitacional teve o compromisso do poder público em realizar a pavimentação das vias, construção de escolas e futura área de lazer. Isto demonstra que o fato de ser a área prevista em legislação urbana municipal para a urbanização de novos bairros facilitou e agregou valor ao espaço urbano, que dispõe assim de pavimentação das vias de pedestre, acessibilidade, a despeito da pouca arborização urbana e nenhuma área verde. No entanto, o bairro em si carece de estabelecimentos de comércio de abastecimento comercial e de serviços diários, assim como não dispõe de espaços de trabalho no bairro. Outra grande carência na questão social são os espaços para juventude.

Concluindo, a questão habitar para o presente e a criação de novas paisagens, no caso em estudo, e na maior parte das cidades brasileiras, demandam uma construção participativa. Combinar os interesses privados na apropriação do capital financeiro imobiliário com o atendimento à demanda de habitação social, mesmo sendo contraditório, pode ser viabilizado. Mas requer diretrizes de considerar realmente que o projeto urbano equilibrado é de responsabilidade tanto do poder público quanto do empreendedor privado. E deveria ainda contar com a participação mais efetiva dos moradores no estabelecimento das prioridades para a integração e inclusão urbanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONDUKI, N.; ROSSETO, R.; GHILARDI, F. H. Política e Sistema Nacional de Habitação, Plano Nacional de Habitação. 2012. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal: Agência Goiana de Habitação. Disponível em: http://www.agehab.go.gov.br/pehis/download/texto%20_1.pdf. Acesso em: 20 maio 2012.

BRASIL. Ministério das Cidades. 2012. Programas habitacionais. Brasília.

CONSTRUTORA PRIORI. Jardins Nativos, 2016.. Disponível em: http://www.construtorapriori.com.br/. Acesso em: 27 fev. 2016.

Fee-Fundação de Economia e Estatística. Passo Fundo. Porto Alegre, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. Censo demográfico: 2010. Rio de Janeiro. (2010

KALIL, R. M. L.. Produção da habitação social em Passo Fundo RS: processo histórico e situação atual. Encontro de Teoria d História da Arquitetura do Rio Grande do Sul, 6. Anais... Passo Fundo. 2003.

_____, GELPI, A., SPIELMANN, T., OLIVEIRA, W. M. de, HENICKA, B. C. P., PRETTO, N., KALIL, R.. Políticas públicas de habitação social: panorama em municípios polo da região da produção, RS.. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 15. 2014. Anais. p. 1568 – 1577.

_____. Habitação de interesse social, políticas públicas e desempenho municipal. Relatório da Pesquisa. Passo Fundo: FAPERGS/Universidade de Passo Fundo, 2014.

MARICATO, Ermínia. Os impasses da política urbana no Brasil. Petrópolis: Vozes, 2011.

MEYER, João F. P. As políticas habitacionais e seus desdobramentos. In: VARGAS, Heliana Comin; ARAÚJO, Cristina Pereira de. (Orgs.) Arquitetura e mercado imobiliário. Barueri, SP: Manole, 2014.

MONTANER, Josep Maria; MUXI, Zaida; FALAGÁN, David H. Herramientas para habitar el presente: la vivenda del siglo XXI. Barcelona: Master Laboratorio de la vivenda del siglo XXI, 2011.

PASSO FUNDO. Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado. Passo Fundo. . 2006. Disponívell em: www.leismunicipais.com.br. Acesso em: 26 fev. 2016.

SHIMBO, Lúcia Zanin. Habitação social de mercado: a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro. Belo Horizonte: C/Arte, 2012.

SOBARZO, O. Passo Fundo: cidade média com funções comerciais, de serviços e de apoio ao agronegócio. In: SPOSITO, M. E. B.; ELIAS, D.; SOARES. B; R; (Org.) Agentes econômicos e reestruturação urbana e regional: Passo Fundo e Mossoró. (29-100). São Paulo: Expressão Popular. 2010.

WERNA, E. et al.. Pluralismo na habitação: parceria entre agentes públicos e não públicos. São Paulo: Annablume, 2001.

485. APRIMORAMENTO DA EXECUÇÃO DE MORADIAS AUTÓCTONES EM ALDEIA GUARANI ATRAVÉS DE ESTUDOS GEOTÉCNICOS DO SOLO LOCAL

HENTGES, Tatiane Isabel[*1](tatiisabel@yahoo.com.br); ROSA, Robson Eduardo1 (robson.eduardo@hotmail.com); MONTEIRO, Renan Rhoden[1] (rhodenrenan@gmail.com); BÖES, Jeferson Spiering[1] (boes.jeferson@gmail.com); MANCIO, Mauricio[1] (mancio@gmail.com)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Unisinos, Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Os índios Guarani prezam pela preservação de sua cultura e pelo respeito à natureza. As técnicas construtivas e a tipologia de suas edificações autóctones são ensinadas a todas as gerações, sendo constituídas de materiais que asseguram a etno-sustentabilidade da aldeia. Este trabalho visa apresentar o projeto “Aldeia Tekoá Pindó Mirim” desenvolvido pela organização não governamental (ONG) Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Unisinos em uma aldeia localizada no distrito de Itapuã da cidade de Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. A aldeia é composta por 22 famílias que carecem de moradias de qualidade para proteção contra intempéries e também para manutenção de sua cultura. Em um primeiro contato, a ONG identificou a existência de uma edificação típica da cultura Mbyá-Guarani construída em pau a pique e apresentando quadro generalizado de fissuração e trincamento, estado que reduz a vida útil da edificação. Dessa forma, o projeto “Aldeia Tekoá Pindó Mirim” é liderado por estudantes de diversas áreas da engenharia e busca aprimorar o método construtivo utilizado pela aldeia através de estudos geotécnicos do solo local e análise de materiais a serem incorporados para otimização da mistura solo-cimento. Para esta pesquisa, foi feita a coleta de solo local e desenvolvidos ensaios de retração, limite de liquidez, sedimentação e ensaios de resistência e compactação do solo. Foram obtidos resultados que demonstram a possibilidade de execução de mistura solo-cimento composta ainda por resíduos, como a cinza volante, que venham a melhorar a qualidade das edificações da aldeia. Como resultado secundário, tem-se o desenvolvimento acadêmico e humano dos estudantes que participam do projeto, tendo em vista que estes colocam em prática conceitos aprendidos na teoria, aprendem uma nova metodologia construtiva e prestam serviços sociais de forma voluntária.
Palavras-chave: Engenheiros Sem Fronteiras; Estudo Geotécnico; Desenvolvimento Social. Metodologia Construtiva; Aldeia Guarani.

IMPROVEMENT OF THE IMPLEMENTATION OF INDIGENOUS HOUSES IN GUARANI VILLAGE THROUGH GEOTECHNICAL STUDIES OF LOCAL SOIL

ABSTRACT
The Guarani Indians value the preservation of their culture and respect for nature. The constructive techniques and the typology of its native buildings are taught to all generations, being made of materials that ensure the ethno-sustainability of the village. This project aims to present the project "Aldeia Tekoá Pindó Mirim" developed by the non-governmental organization (NGO) Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Unisinos in a village located in the district of Itapuã in the city of Viamão, Rio Grande do Sul, Brazil. The village is composed of 22 families who lack quality homes for

protection against bad weather and also for the maintenance of their culture. In a first contact, the NGO identified the existence of a typical construction of the Mbyá-Guarani culture constructed in stick and presenting general picture of cracking and cracking, a state that reduces the useful life of the building. Thus, the "Aldeia Tekoá Pindó Mirim" project is led by students from various engineering areas and seeks to improve the construction method used by the village through geotechnical studies of the local soil and analysis of materials to be incorporated to optimize the soil-cement mixture. For this research, local soil was collected and retraction, liquidity limit, sedimentation and soil compaction tests were performed. It was obtained results that demonstrate the possibility of execution of a mixture of soil and cement composed by residues, such as fly ash, that will improve the quality of the buildings in the village. As a secondary result, there is the academic and human development of the students who participate in the project, since they put into practice concepts learned in theory, learn a new constructive methodology and provide social services on a voluntary basis.
Keywords: Engineers Without Borders; Geotechnical study; Social development; Constructive Methodology; Guarani village.

1. INTRODUÇÃO

A cultura indígena passa por muitas dificuldades nos dias de hoje, seja em questões de manutenção cultural, para transmitir suas tradições para as gerações sem a influência da globalização, seja para conseguir recursos materiais para habitação.
Diversos programas governamentais já tentaram auxiliar comunidades indígenas construindo moradias que não pertencem à cultura delas. Essas eram compostas de alvenaria, madeira, divisórias internas, entre outros formatos e técnicas construtivas que não os próprios da cultura. Inicialmente, foram aceitas pelas comunidades, porém ao longo do tempo foram sendo abandonadas para as casas construídas, aos poucos, na cultura própria de cada comunidade indígena (ZANIN, 2006).
Com os atuais bloqueios de investimentos do governo, alguns projetos como o “Minha casa, minha vida” tiveram seus recursos bloqueados e, com isso, muitas pessoas e também uma comunidade indígena do distrito de Itapuã, localizado na cidade de Viamão no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, não obtiveram os benefícios, que lhe eram de direito, atendidos.
Grupos como o Engenheiros Sem Fronteiras, compostos por voluntários, conseguem ter uma atuação mais presente nesse tipo de comunidade, organizando mutirões e alcançando doações que conseguem atingir os objetivos de comunidades com vistas à lhe dar condições mínimas de vida (MANCIO et al., 2014). Além disso, o trabalho feito pessoalmente pelos voluntários faz com que a estima de cada pessoa da comunidade aumente, conferindo-lhes a esperança de continuar lutando por uma vida melhor.

2. OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo apresentar o projeto “Aldeia Tekoá Pindó Mirim” desenvolvido pela ONG Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Unisinos que tem como objetivo a construção de casas em taipa de pilão juntamente com a tribo Guarani.

3. METODOLOGIA

Esse trabalho foi composto de etapas de visita ao local, identificação das necessidades e oportunidades, análise do solo local, determinação de composição de solo-cimento para execução das paredes, execução de forma e protótipo no local, busca de patrocínio para aquisição de materiais e, por fim, execução das casas.

3.1 Visita ao local

Em primeira visita ao local, foram identificadas quatro principais edificações na área pertencente à tribo:

- Posto de saúde que abre para atendimento de toda a comunidade da região uma vez por semana, ficando fechado nos demais dias. A edificação foi executada alvenaria pelo município e o terreno é envolto por cerca de arame.
- Escola municipal (Figura 4) de aproximadamente 70 metros quadrados construída em madeira. A escola acolhe alunos não só da tribo, mas também da região inteira;
- Centro de eventos e apresentações, construído pelos indígenas com a madeira de eucalipto disponível após receberem o terreno. O centro é apresentado na Figura 5 e, como pode ser visto, a cobertura do local foi executada em estrutura de madeira com folhas secas, porém o sistema não é eficiente atualmente, permitindo a entrada de água da chuva. Essa questão foi atenuada com a colocação de lonas plásticas em alguns pontos críticos.

Figura 4 – Escola municipal dentro da aldeia



Figura 5 – Centro de encontros e apresentações



- Centro de orações, construído em pau a pique com madeira e solo disponíveis na região, visto na Figura 6. Trata-se da edificação que mais se aproxima o modelo de construção típico do estilo Guarani. Geralmente o sistema de cobertura é executado em estrutura de madeira e revestimento de capim Santa Fé, porém, como não havia disponibilidade do capim no local, a tribo utilizou taquaras quebradas ao longo do eixo. Apesar de apresentar estrutura de madeira de boa qualidade, o centro de orações apresentava quadro geral de fissuração no solo utilizado como vedação (Figura 7), o que poderia estar permitindo entrada de umidade que poderia estar degradando as paredes, diminuindo sua durabilidade.

Figura 6 – Centro de orações da aldeia construído no modelo típico Guarani



Figura 7 – Detalhe da construção com quadro de fissuração



- Moradia das famílias, nas quais chegam a habitar até cinco famílias por casa. Estas casas foram construídas em madeira com cobertura de telhas de fibrocimento, como é apresentado na Figura 8 e, internamente, o piso é de chão batido. As madeiras foram montadas de forma que não há grande impedimento de acesso do vento. Sendo assim, essas casas não oferecem proteção para o rigoroso inverno gaúcho.

Figura 8 – Modelo de casa onde moravam as famílias da aldeia



3.2 Identificação das necessidades e oportunidades

Com a visita, percebeu-se que a tribo possuía diversas necessidades das quais os Engenheiros Sem Fronteiras poderiam vir a auxiliar. Dessa forma, foi executado um levantamento dos principais itens, sendo eles:

- Execução de cobertura nova ou reforma da cobertura atual das edificações. Essa ação se mostrou necessária pelo fato da necessidade de colocação de lona plástica nas edificações tradicionais que foram colocadas devido à ineficiência quanto à proteção contra a chuva. Nas casas que possuíam cobertura de fibrocimento esse problema ainda não havia sido identificado;

- Execução de casas novas para os indígenas. Para isso, viria a ser coletado solo local para análise de suas propriedades, tendo em vista que o método construtivo aplicado seria o de solo apiloado. Essa ação viria a solucionar a questão da durabilidade e proteção contra intempéries que as atuais moradias não ofereciam. Além disso, o conforto térmico seria muito maior, abrigando as famílias nos próximos invernos;
- Execução de biblioteca para a escola. Essa necessidade surgiu a partir de conversa realizada com a diretora da escola, que sente bastante falta de um espaço para organização de materiais de leitura e também para que as crianças tenham contato com livros e ambiente para leitura;
- Horta. Essa necessidade foi levantada pelo fato de não ter sido identificado local onde a comunidade cultivasse alimentos.

Por fim, em conversa com o cacique da aldeia e com a diretora da escola, o grupo dos ESF decidiu tomar como prioridade atual a execução das casas e, ao longo desse processo, executar também a biblioteca da escola.

3.3 Análise do solo local

Para a determinação do traço que será utilizado para a construção das casas, foi feita coleta de amostra do solo existente na aldeia e, com essa, foi desenvolvida análise geotécnica composta por ensaios de retração, limite de liquidez, compactação e resistência à compressão. Além disso, foram analisadas diferentes misturas para o ensaio de resistência à compressão e, ao fim, decidido por uma para ser aplicada nas casas.

3.3.1 Retração

Nesse projeto, foi desenvolvido ensaio de retração ao longo do tempo. Para isso, foi desenvolvida forma com espaço para três amostras com dimensões de 5 x 100 centímetros, com espessura de 2 centímetros. Como pode ser visto na Figura 9, houve uma retração de aproximadamente 1 a 2 mm em cada amostra.

Figura 9 – Ensaio de retraçaõ do solo

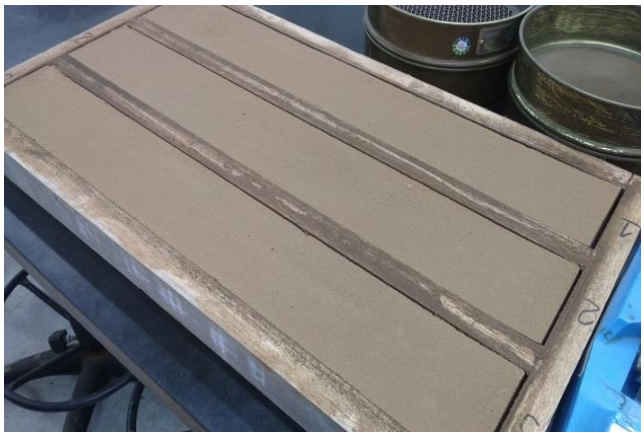


Figura 10 – Misturas para o ensaio de limite de liquidez e limite de plasticidade



3.3.2 Limite de liquidez

Para esse ensaio, foi executada a preparação do solo, secando-o em estufa por 24 horas. O limite de liquidez das amostras de solo da aldeia seguiu o procedimento determinado pela NBR 6459 – Determinação do Limite de Liquidez. Assim, foi adicionado água destilada na amostra e esta foi amassada até atingir uma homogeneização completa.

Nesse ensaio, adicionou-se solo da aldeia material, bem como este misturado com cinza volante, conforme visto na Figura 10, à concha de Casagrande e, com a ajuda de um cinzel, foi aberta uma ranhura de forma que se pôde enxergar o fundo da concha. A manivela do equipamento foi girada duas vezes por segundo, fazendo com que a concha caísse em queda livre. Conforme a NBR 6459, as extremidades da ranhura devem se unir ao longo de 13 mm de comprimento, no intervalo de 15 a 35 golpes. No solo da aldeia foi acrescentada cinza volante visando o aumento da coesão da amostra, foram adicionadas 5%, 10% e 20% de cinza volante e, com os resultados obtidos, foi elaborado gráfico padrão para apresentação dos resultados desse ensaio, com a relação número de golpes x teor de umidade. Por fim, determinou-se o teor ideal de cinza volante de 10%.

3.3.3 Compactação do solo

O ensaio de compactação, conforme a NBR 7182, visa relacionar a massa específica aparente seca (γd) com o teor de umidade em solos quando compactados. A amostra de solo foi colocada em um cilindro de 1000 cm^3, divida em três camadas, intercalando em cada uma delas 26 golpes, com um soquete de 2,5 kg solto de uma altura de 30 cm. Após a compactação retirou-se o corpo de prova do cilindro e coletou-se de seu centro uma pequena amostra para determinação de umidade.

Esse processo repetiu-se por diversas vezes, sempre com um incremento de 2% na umidade anterior, até obter-se os pontos para a determinação da curva de compactação. O ponto máximo corresponde ao peso específico seco máximo ($\gamma d_{máx}$) e o teor de umidade associado é a umidade ótima ($\omega_{ótima}$), que apresentou o valor de 9,5%.

Na Figura 11 é apresentada a fôrma utilizada para realização do ensaio de compactação.

Figura 11 – Fôrma utilizada para o ensaio de compactação



Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 12 – Corpo de prova utilizado no ensaio de resistência à compressão



Fonte: Elaborada pelos autores

3.3.4 Resistência à compressão

Levando-se em consideração que a mistura de solo cimento será usada como parede portante nas edificações indígenas, foram moldados corpos de prova (Figura 12), afim de que fossem ensaiados em prensa para determinação de sua resistência à compressão. Os corpos de prova atingiram a resistência de 4 MPa em apenas 7 dias.

Quando comparado esse resultado com os parâmetros da NBR 15270-1, que define os parâmetros dos blocos de vedação, o resultado alcança o mínimo determinado, semelhante ao bloco de vedação utilizado com os furos na vertical.

3.4 Determinação do traço de solo-cimento

Com base na bibliografia estudada e tendo-se os resultados dos ensaios geotécnicos desenvolvidos em laboratório. Determinou-se um traço unitário de 1 : 0,10 : 0,06 (solo : cinza : cimento) para a mistura.

Para facilitar o entendimento aos moradores da tribo, fez-se o proporcionamento dos materiais de forma coincidir com equipamentos e recipientes que os mesmos têm facilidade de acesso. Dessa forma, chegou-se ao seguinte traço: para mistura no local: para cada 1 balde grande (20 litros) de solo arenoso, adiciona-se 1 balde pequeno (3,5 litros) de cinza e apenas ½ balde pequeno de cimento. Devido à umidade natural do solo do local (em torno de 7%), a quantidade de água deve apenas ser corrigida conforme necessário, para obtenção de uma boa consistência para compactação (aproximadamente 1,5 litro adicionais para cada balde de 20 litros de solo).

3.5 Execução de forma

Para a execução de oficina na aldeia, com vistas a ensinar a técnica construtiva do solo apiloado aos indígenas, foi desenvolvida forma com dimensões reduzidas e pilão. A forma para o protótipo e o pilão são apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Fôrma e pilão desenvolvidos para execução de protótipo de parede



Fonte: Elaborada pelos autores

A fôrma foi desenvolvida nos laboratórios de materiais de construção civil (LMC) e na maquetaria da Unisinos. Esta possui dimensões de aproximadamente um metro de largura, 65 centímetros de altura e 12 centímetros de espessura, tendo sido executada em madeira compensada com fechamento parafusado. Já o pilão foi executado em madeira, apresentando altura de 1,50 m.

3.6 Construção de protótipo no local

Para iniciar o desenvolvimento de todo o projeto, foi realizada a construção de protótipo na aldeia com ajuda da comunidade, a qual demonstrou muito interesse. Foram apresentados os materiais necessários, as proporções e a forma de mistura. A Figura 14 apresenta as etapas de execução do protótipo, que começou com o preparo dos equipamentos e materiais necessários. Tendo isso, foi feita a coleta do solo local e misturado esse, nas proporções previstas, com o cimento e a cinza volante. Após homogeneização, a mistura foi colocada na parte interna da forma e compactada com pilão. Para a remoção da forma, são removidos os parafusos superior e inferior que a seguram e a lateral de madeira compensada é retirada. Assim, retira-se a outra parte e está pronto o protótipo.

Figura 14 – Processo de execução da parede em solo apiloado, composto por etapas de (a) preparo de materiais como cimento, cinza volante e fôrmas; (b) coleta do solo local; (c) mistura com cinza volante, cimento e água; (d) compactação por apiloamento; (d) retirada das fôrmas logo após a compactação; (e) protótipo pronto.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Fonte: Elaborada pelos autores

Após a execução do protótipo, ocorre a cura da parede e sua resistência mecânica é semelhante a uma alvenaria convencional, conforme determinado em ensaio de resistência à compressão aos quatro dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados, obteve-se uma parede de menores dimensões denominada “protótipo”, que alcançou as propriedades objetivadas no projeto: resistência e estanqueidade à água.
Para a construção das paredes que constituirão as casas, será feita fundação superficial, executada em solo-cimento reforçado e com uma viga de baldrame a um nível de pelo menos 15 centímetros acima do solo na parte externa. O piso interno será revestido por pedras ou com o próprio solo-cimento compactado (situação que ainda se encontra em estudo), com um espaço central reservado por tijolos refratários e uma coifa em ferro para o tradicional fogo de chão, muito importante na cultura Guarani.
Para a aquisição do cimento, cinza volante e demais materiais, vem-se entrando em contato com empresas que visem patrocinar o projeto, em troca de possível divulgação da marca. A partir desse patrocínio, será possível a confecção das fôrmas, a transferência da tecnologia da terra crua reforçada para a comunidade e novas casas poderão ser construídas a um custo muito baixo, estimado em cerca de R$ 600 reais por casa.
A comunidade mostrou grande interesse e expectativa ao longo de todo o projeto e certamente haverá, além de casas novas, resultados não mensuráveis, como a manutenção da cultura Guarani.

5. CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou a situação do projeto que está sendo desenvolvido pelos Engenheiros Sem Fronteiras do Núcleo Unisinos, que inicialmente se tratava de um grande desafio e que, ao longo do tempo, foi se encaminhando para atividades de grande impacto para a comunidade indígena.
Foi decidido trabalhar de forma a priorizar a questão habitacional da aldeia, pois percebeu-se que as condições atuais eram muito difíceis, principalmente em se tratando de proteção à intempéries. Dessa forma, esse projeto irá contribuir com a melhoria das condições de moradia das famílias da Aldeia. Além disso, a técnica construtiva poderá ser ensinada pela própria comunidade às novas gerações.
Por fim, deve-se ressaltar que não é apenas a comunidade indígena quem tendo benefícios com este projeto, pois os membros e voluntários do Núcleo Unisinos dos Engenheiros Sem Fronteiras passam a aplicar na prática conhecimentos adquiridos ao longo da graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ZANIN, N. Z. **Abrigo na natureza: construção Mbyá-Guarani, sustentabilidade e intervenções externas**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2006.

MANCIO, M.; BÖES, J.; TIMÓTEO, C.; EGGERS, E.; ROSENBACH, E.; SANTOS, G.; FIGUEIRÓ, J.; DUTRA, J.; USSENCO, J.; SCHMITT, L.; KAUER, L.; AMORIM, N.; HEINECK, R.; BITELO, S.; STRASSBURGER, T.; ALMEIDA, T. Criação de um núcleo regional da rede "engineers without borders" (engenheiros sem fronteiras) para organização de projetos de cooperação técnica com a participação ativa de alunos de engenharia. In.: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE., 2014, **Anais**. Juiz de Fora. 2014.

EURO ELECS 2017

PROCESSOS, SOLUÇÕES DE PROJETO E TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA PARA MATERIAIS, EDIFICAÇÕES E ESPAÇOS URBANOS

REALIZAÇÃO: UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

PROMOÇÃO: ANTAC

APOIO / PATROCÍNIO: CAPES, CNPq, FAPERGS, CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul INTEGRANDO PROFISSIONAIS E SOCIEDADE

SUMÁRIO

11. RECONHECIMENTO DA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO: ESTUDO DE CASO: FACULDADE DE ENGENHARIA DA UFJF 1635

43. EMPREGO DO GREEN BIM PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO PARA UM ESTABELECIMENTO DE ASSISTÊNCIA DE SAÚDE EM GOIÂNIA - GO 1645

77. ATRIBUTOS BIOCLIMÁTICOS EM OBRAS DE ARQUITETURA – DESTAQUES GRÁFICOS 1655

126. A PRODUÇÃO DE HABITAÇÕES MÍNIMAS EM NATAL (RN), BRASIL: UM ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DIMENSIONAL E FUNCIONALIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO 1665

148. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES: ENSAIO DE INTEROPERABILIDADE E SIMULAÇÕES DE ENVOLTÓRIAS 1675

214. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: SISTEMAS PARA CONTROLE DA VENTILAÇÃO NATURAL – LIMITES E POSSIBILIDADES RELATIVOS AO CONFORTO TÉRMICO 1687

245. A INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS DE OBSTRUÇÃO EXTERNA NA ILUMINAÇÃO NATURAL DE SALAS DE AULA EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES DE SERRA - ES 1697

251. ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PARA ADEQUAÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL AOS REQUISITOS DA ABNT NBR 15575:2013. 1709

322. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS PARA EL DISEÑO DE ESTANCIAS EN EL ESPACIO PÚBLICO, QUE RESPONDAN A LOS RETOS CLIMÁTICOS EN CIUDADES TROPICALES. CLIMA TEMPLADO Y CLIMA CALIDO 1719

324.ELEMENTOS DE SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA VERNACULAR NO BRASIL 1731

368. DIRETRIZES BIOCLIMÁTICAS PARA CIDADE DE ARAPIRACA-AL A PARTIR DO MÉTODO DE MAHONEY NEBULOSO 1741

388. PROTOTIPAGEM DIGITAL PARAMÉTRICA ORIENTADA AO DESIGN EMERGENCIAL – O CASO DO DESASTRE AMBIENTAL MG/ES 1751

442. SUSTENTABILIDADE DE PROJETOS DE REABILITAÇÃO DE HABITAÇÕES: INDICADOR DE EFICIÊNCIA DE ESPAÇO PARA AVALIAÇÃO INICIAL DO PROJETO. 1761

453. ANÁLISE E DEFINIÇÃO DE UM ANO METEOROLÓGICO TÍPICO (TMY) PARA ARAPIRACA-AL, A PARTIR DAS METODOLOGIAS TMY E TMY2 1773

456. A SUSTENTABILIDADE DOS MATERIAIS: ESTUDO EM EDIFICAÇÕES DOS SÉCULOS XVI E XXI 1783

474. ANÁLISE EM EDIFICAÇÕES DE SAÚDE: AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DE UM POSTO DE SAÚDE NA CIDADE DE IJUÍ-RS 1793

481. ANÁLISE DO PROCESSO DE EXPORTAÇÃO DE MODELO BIM DESENVOLVIDO NO REVIT PARA O ENERGYPLUS VIA OPENSTUDIO 1803

11. RECONHECIMENTO DA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO: ESTUDO DE CASO: FACULDADE DE ENGENHARIA DA UFJF

BARBOSA, M.T.[1] (teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br); FIDELIS, P.*[2] (paula.fidelis@engenharia.ufjf.br); MARINATI, C.*[3] (carolina.marinati@engenharia.ufjf.br); ROCHA, L.*[4] (rocha.leticia@engenharia.ufjf.br).*
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A seleção de materiais de construção, produtos e componentes amparada por critérios ambientais, sociais e econômicos é fundamental para o gerenciamento da sustentabilidade no setor de construção. Neste contexto, esse trabalho efetuou o levantamento de subsídios através da ferramenta ACV (Análise do Ciclo de Vida), identificando os aspectos mínimos: Energia Incorporada e Emissão de CO_2 nas edificações existentes na Faculdade de Engenharia, localizada no *campus* da UFJF, considerando as existentes (construídas na década de 1960) e as provenientes do programa REUNI/ MEC (construídas no ano 2009), possibilitando o desenvolvimento de uma análise comparativa da evolução da sustentabilidade na construção civil. Cumpre esclarecer que esse estudo baseou-se no levantamento de subsídios junto ao memorial descritivo das edificações, bem como dados informativos (ACV, EI, CO_2) disponibilizados em diversos centros de pesquisa nacionais e internacionais. Espera-se que esse trabalho possa contribuir com a comunidade no sentido de proporcionar diretrizes que possibilitem adequações nas edificações em prol do desenvolvimento sustentável.
Palavras-chave: ferramentas de avaliação; sustentabilidade da construção; indicadores, desempenho.

RECOGNITION OF CONSTRUCTION SUSTAINABILITY: CASE OF STUDY: FACULTY OF ENGINEERING - UFJF

ABSTRACT
The selection of materials, products and components in building industry supported by environmental, social and economic standard is very important to the management of sustainability in this industry sector. In this context, this work was carried out by means of the LCA tool (Life Cycle Analysis), identifying the minimum aspects: embodied energy and CO_2 emissions in buildings at the Faculty of Engineering, located on campus UFJF, considering the existing (built in the 1960s) and resulting from the REUNI/MEC program (built after 2009), making it possible to carry out a comparative analysis of the evolution of sustainability in civil construction. It should be clarified that this study was based on the survey of subsidies with the descriptive memorial of the buildings, as well as informative issues made available in several national and international research centers. It is hoped that this work can contribute to provide guidelines to enable adjustments in buildings for sustainable development.
Keywords: assessment tools, building sustainability, indicators, performance.

1. 1. INTRODUÇÃO

O antigo modelo de desenvolvimento econômico fez uso dos recursos naturais do planeta de forma indiscriminada durante centenas de anos baseado na produtividade, avanço tecnológico e geração de capital. Atualmente, diante da possibilidade de esgotamento de algumas fontes de recursos naturais, fez-se necessária uma reestruturação dessa dinâmica de exploração a fim de garantir as demandas para as futuras gerações; essa nova estrutura de desenvolvimento econômico recebeu o nome de *desenvolvimento sustentável.* (Rosa, 2010; Torgal,e Jalali, 2010; Vahan, e John, 2011).

A realização da transição para o novo modelo de desenvolvimento econômico tem sido um dos maiores desafios enfrentados pela sociedade, uma vez que esse novo padrão abrange vários níveis de organização, considerando desde a necessidade de reorganização na estrutura de uma vizinhança local até a mudança dos hábitos de todo o planeta. Nesse contexto, a construção civil, grande geradora de impactos ambientais, sociais e econômicos, vem se reestruturando através, por exemplo, da discussão de técnicas que minimizem os seus impactos, seja por meio do reaproveitamento dos materiais comumente descartados em obras de construção e demolição ou pela escolha de novas técnicas construtivas. (Spadotto et al. 2011; Barbosa e Almeida, 2016)

A *Análise do Ciclo de Vida (ACV)* é uma das ferramentas adotadas na construção civil, e se baseia, resumidamente, numa análise quantitativa da energia incorporada e da quantidade de CO_2 emitida no processo de produção de determinado material, sendo, portanto, um instrumento que contribui na seleção de materiais mais sustentáveis. (Vahan, e John, 2011; Barbosa e Almeida, 2016)

Considerando o contexto no qual se encontra o setor da construção civil e considerando os incentivos realizados pelo Governo Federal através do programa de ampliação do acesso ao ensino superior, REUNI; o objetivo principal deste trabalho consiste na análise comparativa das obras realizadas no campus da UFJF, mais especificamente na Faculdade de Engenharia, durante esse período de ampliação com as construídas na década de 1960. Este trabalho contribui com a comunidade no sentido de proporcionar diretrizes que possibilitem adequações nas edificações em prol do desenvolvimento sustentável.

2. 2. FACULDADE DE ENGENHARIA DA UFJF

A Universidade Federal de Juiz de Fora, criada em 1960, reúne, atualmente, 16 unidades acadêmicas, que oferecem 50 cursos de graduação presenciais, 07 à distância; 33 residências; 40 mestrados e 21 doutorados (vide croqui esquemático na figura 1).

A qualidade da graduação da UFJF- *campus Juiz de Fora*, reconhecida nacionalmente, tem sido atestada de forma indiscutível pelos processos de avaliação implementados pelo MEC nos últimos anos. A Faculdade de Engenharia, objeto desse estudo, oferece os cursos de Engenharia Civil, Engenharia Computacional, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica, Engenharia Sanitária e Ambiental. A expansão do *campus* é resultado do Plano Nacional de Educação, estabelecido em 2001 pelo governo federal (MEC, 2012).

Na FE UFJF ocorreu uma grande expansão, com a construção de um novo prédio (vide Figura 2 – Edifício Engenheiro Itamar Franco) a fim de possibilitar alocação de novos cursos e o expressivo aumento do número de discentes, docentes e técnicos administrativos. Essa nova edificação, composta de 3 pavimentos, bem como a construída na década de 1960 são os objetos de estudo deste trabalho, que objetiva correlacionar os materiais de construção empregados na obra pública, antes da consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável, com os atuais materiais, bem

como propor diretrizes que possibilitem a futuras intervenções (sejam manutenção preventiva ou corretiva) e às novas obras de adequações que possibilitem a consolidação do conceito de construção sustentável.



Figura 1 - Croqui esquemático do Campus Juiz de Fora da UFJF.(Fonte: http://www.ufjf.br/engenharia/localizacao)

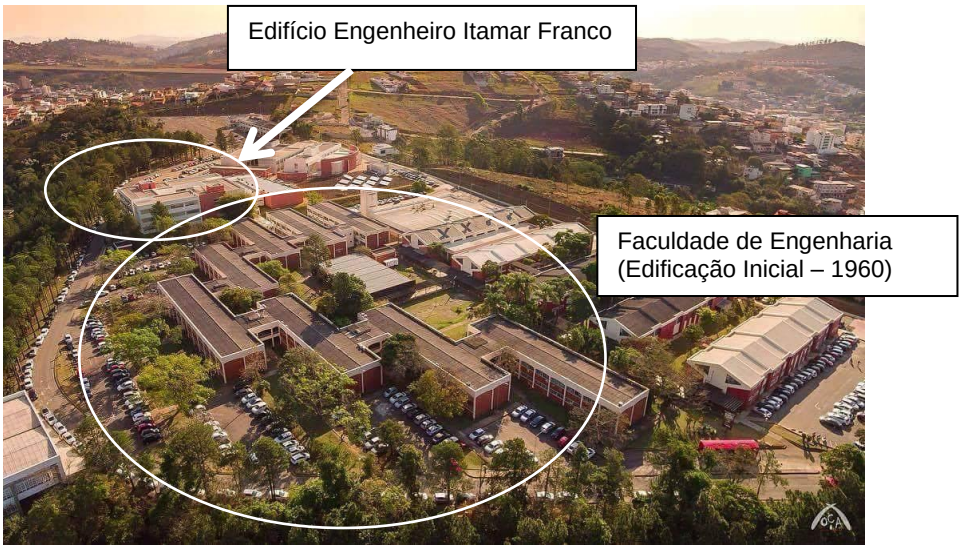


Figura 2 - Faculdade de Engenharia UFJF (Fonte: adaptada de https://www.instagram.com/p/BK_H30YDExv/?taken-by=igortimes).

3. 3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1. Análise do ciclo de vida (ACV)

A ACV (Análise do Ciclo de Vida) tem por objetivo avaliar os impactos ambientais dos materiais ao longo de sua vida útil, sejam os positivos (p. ex., reação cal hidratada com o CO_2 atmosférico) ou os negativos (como o caso da emissão e/ou absorção compostos orgânicos voláteis que incrementam o aquecimento global), ou seja, desde a fase de obtenção da matéria prima passando pela produção e pelo uso, até o descarte, isto é, "do berço ao túmulo" (*cradle-to-grave*) (ISO 14040 (2006)). Para tanto, é necessário a construção de um inventário de entradas e saídas relativo ao produto estudado, a avaliação dos potenciais impactos relacionados a essas entradas e saídas e a interpretação final dos resultados obtidos relacionada ao objetivo do estudo.

Dentre as vantagens de uma análise ACV destaca-se a fase de tomadas de decisão a nível global ou regional, já que considera o manejo de recursos e discute os impactos sobre problemas sociais e ambientais, tais como a saúde humana, esgotamento de recursos e qualidade do ecossistema (BILEC *et al.,* 2009).

Associado a esse parâmetro, destaca-se a *Energia Incorporada*, que seria os gastos energéticos gerados durante todas as etapas do processo de fabricação de cada produto, pois auxilia na contenção de gastos pelo uso excessivo de energia, sendo parâmetros importantes para a verificação de sustentabilidade dos materiais empregados nos empreendimentos no setor da construção civil, uma vez que os que consomem menos energia beneficiam o meio ambiente e colaboram para o conceito de "eficiência energética" dessa indústria (ABEYSUNDARA *et al*., 2008). Salienta-se também, que esse parâmetro é responsável por 85% a 95% da energia total do material e os restantes 5 – 15% referem-se aos processos construtivos, manutenção e demolição do empreendimento (BERGE, 2009).

Segundo Thomark (2006) a escolha adequada dos materiais de construção pode significar uma redução cerca 17 % na energia gasta na construção do empreendimento; Gonzalez e Navarro (2006) acrescentam que reduções em cerca de 30% em emissões de CO_2, decorrentes da adequada especificação dos materiais, poderá evitar a emissão de 38 ton. de CO_2 ao ambiente construído.

Entretanto, julgar materiais como mais ou menos sustentáveis é um processo que deve ser feito com cautela, já que envolve incertezas e variáveis subjetivas. Apesar de alguns aspectos ambientais estarem cada vez mais acessíveis à sociedade, existe ainda o risco de serem cometidos erros de interpretações e distorções de dados, podendo abranger as qualidades e os defeitos do material, prejudicando a veracidade da comparação (SPOSTO e PAULSEN (2012)).

3.2. Procedimento adotado

Considerando a construção do campus Juiz de Fora da UFJF na década de 1960 e sua ampliação iniciada no programa REUNI em 2007, efetuou-se o levantamento dos materiais de construção empregados em fases distintas da concepção de "construção" no Brasil, centralizada na Faculdade de Engenharia da UFJF, a saber: a **clássica** (Prédio da FE, construído na década de 1960) e a **atual** (Edifício Eng. Itamar Franco, construído na década de 2007), conforme ilustrado na Tabela 1. Sabendo-se que em ambas as edificações o sistema estrutural empregado foi concreto armado, tal procedimento possibilitará uma comparação entre os materiais e componentes empregados em épocas distintas.

Tabela 1 – Especificação, resumida, dos materiais empregados nas edificações da FEUFJF

	Faculdade de Engenharia (1960): ***Edificação Clássica***	**Edifício Eng. Itamar Franco (2014):** ***Edificação Atual***
Descrição	2 pavimentos, em estrutura de concreto armado.	3 pavimentos em estrutura de concreto armado.
Fachada	Cerâmica revestimento, argamassa, tinta látex.	Argamassa texturizada e tinta látex.
Parede	Lajota cerâmica, argamassa,tinta PVA.	Bloco de concreto, argamassa, tinta PVA
Teto	Argamassa mista pintada.	Gesso.
Piso	Madeira (salas); piso cimentado (corredores);	Cerâmico (salas) e piso cimentado (corredores);
Escada	Argamassa.	Granito
Esquadria	Janela: esquadrias metálicas pintadas, vidro liso; Portas: interna (madeira); externa (metálicas)	Janela: esquadrias de alumínio, vidro liso; Portas:internas (madeira); externas (vidro)
Acabamento	Soleira e peitoril em cimento com granilite	Soleiras e peitoris em granito.
Cobertura	Estrutura Metálica; Telha fibrocimento (fibra asbesto)	Estrutura Metálica; Telha fibrocimento (fibra sintética);

A Tabela 2 apresenta o valor médio da quantidade de energia embutida e emissão de CO_2 resultante de cada material segundo dados obtidos em diversas bibliografias nacionais e internacionais. (Tavares (2006); Monich e Tavares (2010); Herrera (2013)). Cumpre esclarecer as possíveis distorções existentes nas análises, se considerarmos as diferenças locais, regionais e internacionais existentes no que se refere aos dados apresentados.

Tabela 2 – Compilação dos dados na fabricação dos materiais empregados.

MATERIAIS	**EI (MJ/kg)**	**Emissão CO_2 (kg CO_2/ kg)**
Cerâmica revestimento	4,825	0,510
Cerâmica vermelha	2,710	-
Tijolo cerâmico furado	2,630	0,1195
Bloco de cimento furado	1,080	0,000327
Tinta PVA látex	65,000	-
Argamassa (cimento, cal e areia)	1,446	0,012
Argamassa (cimento e areia)	2,100	-
Placas de gesso acartonado	6,10	-
Gesso	2,533	0,068

MATERIAIS	EI (MJ/kg)	Emissão CO_2 (kg CO_2/ kg)
Portas em madeira	11,670	0,97
Esquadria metálica (alumínio)	210,00	-
Vidro liso	18,50	-
Vidro temperado	26,200	-
Estrutura metálica	33,80	-
Bloco de concreto intertravado	3,385	0,28
Piso cimentado	4,4	0,6025
Madeira	0,5	-
Granito	2,000	-

Adaptado de TAVARES (2006), MONICH E TAVARES (2010), HERRERA (2013).

É relevante ainda, ressaltar que o objetivo do trabalho é a análise da consolidação do conceito de construção sustentável em fases distintas da construção civil e, sendo assim, adotaram-se as mesmas informações para ambos os casos, permitindo uma comparação mais adequada às interpretações efetuadas, para o caso da fabricação dos materiais, desconsiderando-se aqui as informações no que se refere ao transporte do mesmo visto que esta varia segundo o transporte utilizado, sendo que diversos autores evidenciam a necessidade de emprego de materiais locais. Considerando que as edificações foram construídas em épocas diferentes, com condições de transportes (mesmo que local) diferenciadas, fortalece-se a necessidade de desconsideração desse item na avaliação da energia incorporada dos materiais.

4. 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Com base no levantamento dos materiais empregados nas edificações em estudo e após constatar a quantidade de EI e de CO_2 emitido por cada material durante o seu processo produtivo (envolvendo desde a extração da matéria-prima até a obtenção do produto final, sem incluir seu transporte até a obra, conforme adotado por BERGE (2009)); verificou-se qualitativamente o impacto ambiental gerado por cada setor das edificações como foi ilustrado nas figuras 3 e 4.
Analisando as figuras 3 e 4 verifica-se:

1. *Fachada*: apesar dos avanços na indústria da construção, os materiais empregados na edificação atual resultam num incremento total de cerca 295% de EI em relação à edificação "clássica" e nenhuma emissão de CO_2 computada.
2. *Paredes*: na edificação atual constata-se uma redução de 0,6% de EI e 42, 85% de emissão de CO_2/kg.

3. *Teto*: verifica-se que a substituição do revestimento de argamassa por placas de gesso acartonado na Edificação Atual, visando conferir um acabamento de maior qualidade, resultou num incremento de cerca de 190% de EI em relação à Edificação Clássica.
4. *Revestimento pisos*: devido a restrições ambientais, os pisos de madeira foram, ao longo dos anos, sendo substituídos por pisos cerâmicos ou por pisos laminados de madeira. Verifica-se então, que os valores de EI e CO_2 emitidos são sofreram grandes variações totais, ocorrendo uma pequena redução, cerca 1,5% da EI.
5. *Escadas*: As escadas, inicialmente feitas de argamassa, foram substituídas por escadas de granito na Edificação Atual resultando em pequenas alterações, redução de cerca de 4%.
6. *Acabamentos*: Foram considerados nesse setor as soleiras e peitoris de janelas, que resultaram num incremento de 75% na EI e uma redução de 100% de emissão de CO_2, na edificação atual.
7. *Cobertura*: o presente estudo avaliou somente os materiais empregados nos setores das edificações e, portanto obteve-se um impacto de mesma intensidade para esse setor em ambas as edificações.

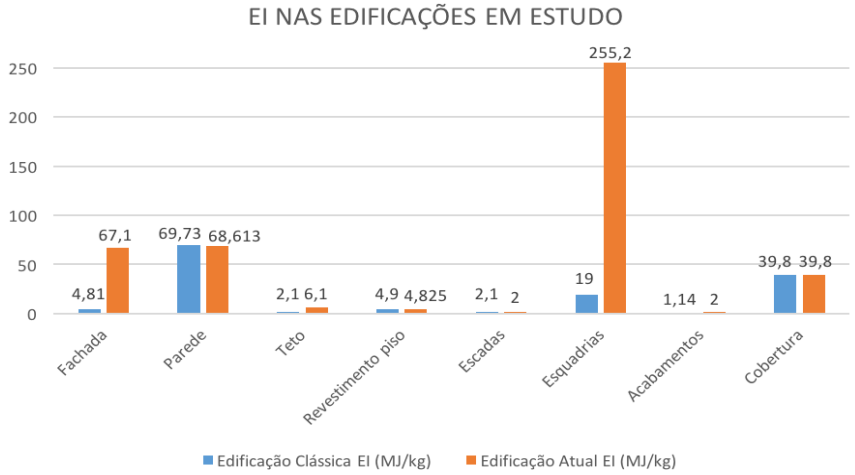


Figura 3 - Energia Incorporada nos materiais dos setores das Edificações Clássica e Atual

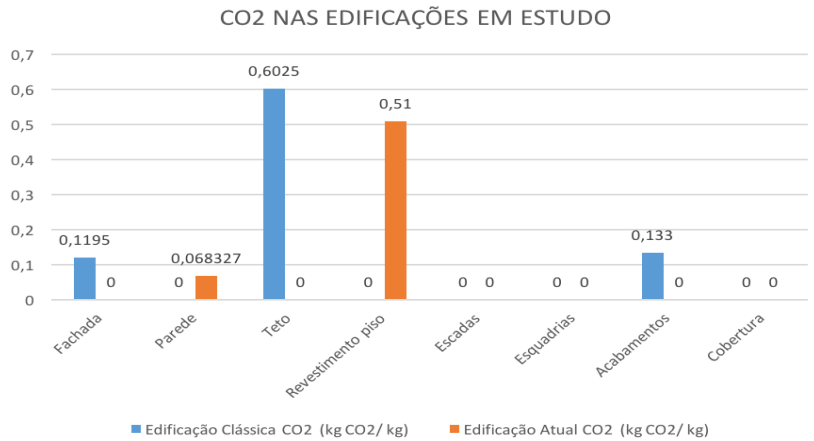


Figura 4 - kg de CO_2 embutido nos materiais dos setores das Edificações Clássica e Atual.

Conclui-se, através do estudo efetuado, que o avanço nas tecnologias e sistemas construtivos, incluindo os materiais para a construção civil, ainda não contribuem, ou melhor, não comtemplam de maneira abrangente o conceito, a atual proposta, para a construção sustentável. Embora as emissões específicas estejam diminuindo, a produção tem aumentado e deverá crescer ainda mais nos próximos anos. Deve-se considerar, inclusive, a elevação na energia incorporada no processo de produção e transporte dos materiais analisados em épocas distintas. A magnitude do impacto de cada material depende muito das condições locais, das diferenças existentes entre processos de fabricação efetuados por diferentes fabricantes, das possíveis alterações na obtenção de fontes de energia (que estão em processo de adaptação em muitas fábricas em busca da redução do consumo, ou seja, adaptações e/ou reestruturações das fontes energéticas empregadas no processo), dentre outros.
Nesse contexto torna-se imperioso a adoção de estratégias junto aos fabricantes no sentido de reavaliação do processo de produção dos materiais de construção buscando a otimização do consumo de energia, bem como a aquisição de matéria prima.

5. CONCLUSÃO

Após a realização do levantamento dos materiais empregados nas edificações da Faculdade de Engenharia da UFJF e da verificação da EI e de CO_2 embutido em seus processos de fabricação com base nos dados fornecidos por diversos pesquisadores; o presente estudo realizou uma análise comparativa do impacto ambiental causado pelas edificações, buscando avaliar qual, entre os dois padrões de acabamento empregados, se adequam ao atual conceito de construção sustentável.

O controle da quantidade de CO_2 emitido durante a produção dos materiais e no processo de geração da energia usada no processo produtivo de cada material, não é usualmente avaliado no Brasil, o que dificulta o controle dos impactos ambientais gerados.

O conceito de *materiais eco-eficientes*, iniciado na década de 1990, se assentou em conceitos da continuidade de um modelo industrial insustentável. Entretanto, esses materiais se destacam pela redução do impacto ambiental, considerando todo o ciclo de vida, e desconsiderando, muitas vezes, a variável “transporte e seus impactos”, mas o emprego desse procedimento pressupõe que um conjunto de procedimentos ambientais está consoante com o produto.

Neste contexto, constata-se a necessidade de alterações nas técnicas produtivas dos materiais a serem empregados na indústria da construção civil. Deve-se considerar, inclusive, que a quantidade de CO_2 emitido e o processo de geração da energia usada no processo produtivo de cada material não é usualmente avaliado no Brasil, o que dificulta parte da análise a ser realizada.

Dentro deste contexto, fortalece-se a necessidade de otimizar o consumo de energia na fabricação e na aquisição das matérias primas empregadas no setor da construção civil. O Ministério do Meio Ambiente já destaca a importância da escolha dos materiais de construção sugerindo o emprego de materiais disponíveis no local, pouco processados, não tóxicos, potencialmente recicláveis, culturalmente aceitos e propícios para a autoconstrução. Com relação à energia, recomenda-se o uso de energias alternativas (por exemplo, eólica, fotovoltaica), com possibilidade de se injetar o excedente na rede pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYSUNDARA, U. G. Y; BABEL, S.; GHEEWALA, S. A matrix in life cycle perspective for selecting sustainable materials for buildings in Sri Lanka. *Building and Environment*. v. 44, ed. 5, p. 997-1004, 2008.

AGOPYAN, V.; JOHN, V.. O desafio da sustentabilidade na construção civil. V. 5;. São Paulo: Blucher, 2011

BARBOSA, M. T.; ALMEIDA, M. A.. Construção Sustentável: contributo as ferramentas de avaliação. Curitiba: CRV, 2016. 108p.

BERGE, B. The ecological of building materials. 2 Edition. Architectural Press: Elsivier Science. 2009

BILEC. M.; RIES, R.; MATTHEWS, H.. Life-cycle assessment modeling of construction processes for buildings. Journal of infrastructure systems. v. 16, pp 199-205, 2009.

GONZALEZ , M.; NAVARRO, J.. Assessment of the decrease of CO_2 emissions in the construction field through the selection of materials. Building and Environment, v.41, pp.902-909, 2006.

HERRERA, J.. (2013) Quantificação e correlação das variáveis do ciclo de vida energético da edificação: energia incorporada na envolvente arquitetônica e consumo energético pelo comportamento térmico, caso de estudo: moradia. Tese de doutorado. PPG em Ciências de Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos, USP..

INTERNATIONAL STANDARDS OFFICE: ISO 14040. Environment management - Life cycle assessment: principles and framework, 2006

MINISTÉRIO EDUCAÇÃO CULTURA (MEC). Análise sobre a expansão das universidades federais (2003-2012). Brasília, 2012. Diponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=12386-analise-expansao-universidade-federais-2003-2012-pdf&Itemid=30192.

MAFRA ARQUITETOS ASSOCIADOS DE JUIZ DE FORA Ltda. Caderno de Encargos e Especificações UFJF Faculdade de Engenharia (ampliação).

MONICH, C., TAVARES, S.. Energia e CO_2 embutidos na fabricação dos materiais de construção: panorama atual no Brasil e exterior. IN: ENTAC 2010. *Anais*...out. Canela, RS, 2010

ROSA, M.. Dano ambiental ocasionado pela exploração desenfreada dos recursos naturais. Veredas do direito, v.7; p. 157-172, 2010.

TAVARES, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SPADOTTO, A.; NORA, D.; TURELLA, E.; WERGENES, T.; BARBBISAN, A.. Impactos ambientais causados pela construção civil. Unoesc& ciência, v. 2, n.2, p. 173-180, 2011.

SPOSTO, R.M.; PAULSEN, S.J. An embodied energy analysis of social housing in Brazil: Case. study for the program my house my life. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, v.12, n.5, p.40-46, 2012.

THOMARK, C. The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building. Building and Enviroment, v.41, pp. 1019-1026, 2006.

TORGAL, F.; Javali, S.. A sustentabilidade dos materiais de construção. Portugal: UMinho, 2010.

43. EMPREGO DO GREEN BIM PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO PARA UM ESTABELECIMENTO DE ASSISTÊNCIA DE SAÚDE EM GOIÂNIA - GO

HORA, Karla[1](karlaemmanuela@gmail.com); CALDAS, Lucas*[2] (lrc.ambiental@gmail.com); PAULSE, Pablo[1] (pablo.paulse@gmail.com); SILVA, Camilla[3](camillapompeo@gmail.com); SPOSTO, Rosa[4] (rmsposto@unb.br)*

[1] Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil
[2]Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia/ Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), Brasil
[3]Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO), Brasil
[4]Universidade de Brasília (UnB), Brasil

**Autores correspondentes*

RESUMO
Nota-se que a sustentabilidade energética é um tema bastante discutido nos dias atuais, inclusive nas edificações brasileiras. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo explorar o campo da eficiência energética em um retrofit, de um estabelecimento de assistência de saúde localizado na cidade de Goiânia - GO, utilizando como ferramenta de apoio o *Building Information Modeling* (BIM) ou também chamado de Green BIM. A metodologia utilizada foi o estudo de caso. Foi feita a avaliação da edificação por meio do projeto arquitetônico, visitas técnicas, registro fotográfico, levantamento dos equipamentos eletrônicos e contas de energia dos últimos dois anos. De posse das informações coletadas, a edificação foi modelada no Autodesk Revit, onde foi realizada a simulação energética utilizando o *Green Building Studio* (GBS). Foram obtidos o consumo de energia e emissões de dióxido de carbono (CO_2) para a edificação estudada. Os resultados gerados na simulação foram comparados com os dados das contas de energia e notou-se certa discrepância entre os valores. O modelo da edificação foi revisto, no entanto, não foi possível chegar a simulações que se aproximassem das condições atuais da edificação analisada. Por outro lado, a ferramenta computacional possibilitou identificar os locais com maior geração de calor, permitindo identificar quais técnicas seriam mais adequadas para qualificação do ambiente interno para as melhores condições de desempenho e conforto térmico. Conclui-se a importância de se comparar o modelo digital com as edificações já existentes e que o processo utilizando o Green BIM para o retrofit de edificações pode ter alguns benefícios e ser aplicado em outras edificações municipais, servindo como uma importante ferramenta para a gestão pública municipal.
Palavras-chave: Green BIM; Simulação energética; Green building studio; Conservação de energia

GREEN BIM USE FOR ENERGY CONSERVATION IN BUILDINGS: CASE STUDY FOR A HEALTH CARE ESTABLISHMENT IN GOIÂNIA – GO

ABSTRACT
It is noteworthy that energy sustainability is a subject much discussed in the present days, including in the Brazilian buildings. In this sense, the present study aimed to explore the field of energy efficiency in a retrofit of a health care establishment located in the Goiânia city, using as support tool the Building Information Modeling (BIM) or also called Green BIM. The methodology used was the case study. The building evaluation was made through the architectural project, technical visits,

photographic record, the electronic equipment and energy bills survey of the last two years. With the information collected, the building was modeled in Autodesk Revit, where the energy simulation was performed using the Green Building Studio (GBS) plugin. Energy consumption and carbon dioxide (CO_2) emissions were obtained for the studied building. The results generated in the simulation were compared with the energy accounts data and some discrepancy between the values was noticed. The building model was reviewed and new simulations were carried out to adjust and better approximate the results. At the end, the model of the building was elaborated that will serve as a baseline for the simulation of future modifications aiming at the retrofit of the building and measures for the conservation of energy. It is concluded that the process using the Green BIM for retrofit of buildings can be applied in other municipal buildings, serving as an important tool for municipal public management.
Keywords: Green BIM; Energy simulation; Green building studio; Energy conservation

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é apontado como um dos principais responsáveis pela degradação ambiental ocasionando poluição dos solos, contaminação de corpos hídricos e da qualidade do ar, geração de resíduos, dentre outros. Além disto, suas atividades tendem a promover intenso consumo de recursos naturais, alterando significativamente a paisagem local nos seus diferentes ramos. Em face disto, tem-se buscado procedimentos para mensurar os impactos ambientais causados pelo setor e indicar ferramentas para sua mitigação por meio de mecanismos diferenciados de certificação. Um dos aspectos observados tem sido o consumo de energia.

As diferentes tipologias de edificações sejam elas residenciais, comerciais ou públicas ocupam papel de destaque no consumo de energia elétrica do país. De acordo com o Balanço Energético Nacional (MME, 2015) elas, em conjunto, foram responsáveis por aproximadamente 50% da energia elétrica consumida no Brasil em 2014. Cabe, então, aos arquitetos e engenheiros, grande responsabilidade para contribuir na queda deste consumo se for considerada, preferencialmente, a concepção dos projetos, adotando-se na especificação de materiais, aqueles com desempenho térmico adequado, aplicando-se técnicas de arquitetura bioclimática.

Paralelamente, outro aspecto a ser denotado nas edificações está relacionado ao consumo de energia elétrica decorrente do uso de equipamentos eletrônicos já obsoletos ou pouco eficientes e que, portanto, necessitam melhorar seu desempenho energético. Neste sentido, as técnicas de retrofit, principalmente em edificações comerciais e públicas, são importantes medidas para a racionalização do consumo de energia no setor.

Em relação às ferramentas de apoio a projetos, tanto na etapa de concepção quanto na avaliação de edificações já existentes, elas possuem papel fundamental como agente facilitador de todo o processo. Os profissionais da arquitetura, engenharia e construção (AEC) já estão habituados com o emprego do *computer aided design* (CAD) para a elaboração de projetos. No entanto, o desenvolvimento tecnológico vem possibilitando novas formas da representação gráfica, facilitando a modelagem das edificações no modelo tridimensional (3D). Esta mudança tem como resultado a melhor visualização destas edificações, ao mesmo tempo em que traz modificações relacionadas à etapa de aprendizado do projetista na forma de se pensar e conceber o projeto. (EASTMAN et al., 2014)

Neste sentido, o *Building Information Modeling* (BIM) tem sido cada vez mais difundido no meio técnico e acadêmico e se apresentando como inovação para a fase de concepção de projetos, sejam edificações novas seja já existentes, por meio do retrofit (VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014). Esta ferramenta modifica todo o processo de projeto da AEC, em que a simples figura do

desenhista ou “cadista” vai, progressivamente, sendo substituído por um profissional mais qualificado, que necessita ter uma visão mais sistêmica de todo o processo, dialogando com diversas questões como, por exemplo, eficiência energética e desempenho ambiental das edificações (LEWIS et al., 2015).

A partir do BIM 6D surge o termo Green BIM. Wong e Zhou (2015) conceituam o Green BIM como a forma da utilização da ferramenta BIM para produzir edificações mais sustentáveis e com melhor desempenho, sendo que um dos principais focos é a eficiência energética. Ressaltam ainda, que o Green BIM não deve ficar limitado somente às etapas de projeto e planejamento, mas também ao longo das outras etapas do ciclo de vida da edificação, incluindo o retrofit.

Eastman et al. (2014) elencam as principais análises ambientais que podem ser realizadas com o emprego do Green BIM: análise de energia, iluminação artificial e natural, emissões de dióxido de carbono, consumo de água e outras aplicações.

Para esta avaliação os dados devem estar em um formato que permita a troca de dados e interoperabilidade entre os diversos aplicativos BIM e, para isto, são utilizados os formatos IFC - Industry Foundation Class e o gbXML - Green Building Extensible Markup Language (MOTAWA; CARTERB, 2013). De acordo com Eastman et al. (2014), as interfaces para exportação de dados em gbXML estão disponíveis nos softwares ArchiCAD, Bentley Architect e Revit.

Portanto, o Green BIM surge como ferramenta de inovação para arquitetos e engenheiros que estão buscando edificações com melhor desempenho ambiental, motivando seu estudo e aplicação no presente trabalho.

A partir da escolha do software de modelagem é necessário escolher o software de simulação energética. De acordo com Caldas et al. (2015) no mercado existem diversos softwares que realizam esta tarefa, podendo ser citados o Energy Plus, eQUEST, Autodesk Green Building Studio (GBS), Autodesk Ecotect, IES Virtual Environment, SimulEICon, TRNSYS

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar as potencialidades do Green BIM aplicado ao retrofit de edificações por meio de um estudo de caso, considerando os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver uma simulação energética para um estabelecimento de assistência em saúde (EAS), localizado na cidade de Goiânia – GO;
- Elaboração de um fluxograma do processo de retrofit utilizando o Green BIM;
- Analisar a rotina, os benefícios e as dificuldades encontradas na aplicação do Green BIM ao retrofit da EAS.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização do Estabelecimento de Assistência de Saúde

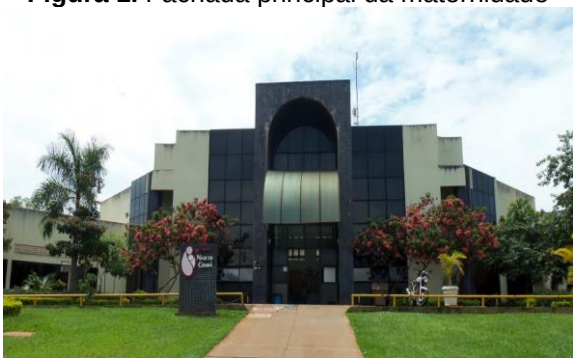
A maternidade Nascer Cidadão localiza-se no Setor Jardim Curitiba III, região Noroeste do município de Goiânia. Está implantada numa Área Pública Municipal, doada pelo Estado de Goiás, partindo de 03 alas (blocos) retangulares que convergem para um centro (área trapezoidal), conforme Figura 1.

O programa de necessidades foi distribuído entre os 03 blocos, separados por uma área central e áreas verdes internas, com jardins descobertos, totalizando uma área de 3.461,00 m² de construção: bloco 01 para serviços (área privativa); bloco 02 para consultórios e centro cirúrgico; bloco 03 para internação; área Central para atendimento e espera.

A edificação foi construída em estrutura de concreto armado e alvenaria de bloco cerâmico, com tijolos de barro cozidos, com oito furos e dimensões de 10 x 20 x 20 cm.

A cobertura, em sua maior parte, é em laje impermeabilizada sob telha ondulada de cimento amianto de 6mm, apoiada em estrutura metálica. Na entrada principal e na área de convivência, a cobertura é em policarbonato, com estrutura de sustentação em metalon, conforme detalhes e cortes de pele, conforme Figura 1.

Figura 1. Fachada principal da maternidade

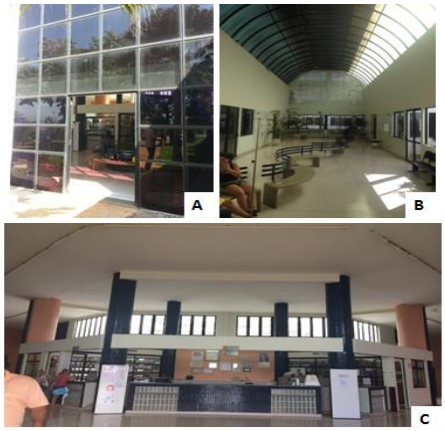


As lajes e as paredes de tijolos furados foram revestidas com uma camada de argamassa fluida (chapisco) de cimento e areia; e os tetos com reboco paulista, de cimento, cal e areia.
As áreas molhadas receberam revestimento cerâmico de 15 x 15 cm até o teto, assentados sobre emboço. Nos peitoris das jardineiras, nos bancos da espera, nos pilares circulares da recepção e da entrada e o pórtico central da entrada principal foram usadas pastilhas em cerâmica, tamanho 5cm x 5cm, também assentadas sobre emboço.
Foi executado sobre o contrapiso (camada de concreto com 5,0cm de espessura), um piso de concreto de alta resistência à compressão e à flexão, moldadas em máquinas automáticas (granitina) em toda a área de piso interna, com exceção das instalações sanitárias e jardins.
Todos os tetos e paredes rebocadas internamente e externamente (quando não revestidas com pastilhas cerâmica) foram pintados com 02 demãos de tinta 100% acrílica, cor clara. As aberturas em vidro (janelas e portas) são estruturadas em perfis de metalon pintados e vidros de 4mm.
Para a análise do consumo atual de eletricidade da maternidade considerou-se a média simples das contas referentes aos anos de 2012, 2013 e 2014 por estarem completas e área em planta de 3.461,00 m² da edificação. Ao final chegou-se a um *baseline* de consumo de energia equivalente 78,17 kWh/m²/ano.

2.2 Diagnóstico da Edificação

Para o diagnóstico da edificação, foram realizadas visitas participantes ao longo de 2014 e 2015 onde se buscou: (1) conversar com funcionários e gestores locais; (2) registrar, por levantamento fotográfico, a edificação, com destaque para envoltória, elementos construtivos e usos de aparelhos de condicionamento de ar ou equivalentes, como é apresentado na Figura 2; (3) preenchimento de formulário (*checklist*) contendo identificação dos ambientes, listagem de equipamentos, uso e ocupação, iluminação; (4) medição das temperaturas internas, velocidade do ar e umidade relativa dos ambientes da edificação, utilizando equipamentos específicos. Associado às visitas, também, registrou-se em planta as características construtivas. Durante algumas visitas registraram-se parâmetros climáticos locais com uso de equipamentos de medição portáteis que foram confrontados com dados da localidade para fins de comparação.

Figura 2. Registro fotográfico da visita na maternidade. (A) Exemplo de fachada de vidro; (B) Área de convívio dos pacientes; (C) Balcão de atendimento da recepção



Foram encontrados aparelhos de ar condicionado de dois tipos, *split* e de janela, instalados nas áreas administrativas e nos seguintes locais: consultórios médicos (06 unidades), salas de pré-parto (01 unidade), ultrassonografia, Raio-X, Sala de Curetagem, Salas do Centro Cirúrgico (02 unidades), Sala de Parto Normal (01 unidade), Auditório, Biblioteca e Consultório Odontológico. Porém, esses aparelhos não são utilizados em todos os turnos de funcionamento, mas somente nos períodos necessários.

Todos os ambientes são servidos de iluminação artificial, com luminárias de sobrepor com lâmpadas tubulares de 20 e 40 W, conforme a necessidade. Porém, vários ambientes foram encontrados com as lâmpadas desligadas ou ausentes.

Nas áreas administrativas, realização de exames, procedimentos cirúrgicos e na lavanderia foram encontrados aparelhos de CPU, monitores de LCD e de tubo, impressoras, telefones, televisores de tubo e equipamentos específicos, como berço aquecido, incubadoras, aparelho de ultrassom e calandras. A edificação conta com gerador, utilizado em caso de pane ou queda de energia que atende à todos os sistemas da edificação.

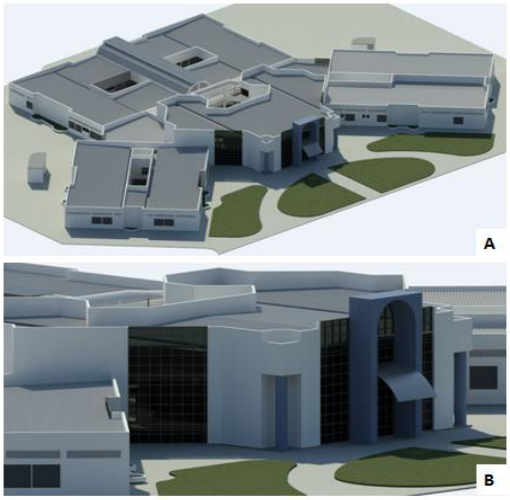
2.3 Modelagem da edificação no Revit

Foi escolhido o programa Revit por ser possível a utilização da versão educacional gratuita fornecida pelo fabricante; devido à sua interface amigável e pela verificação do seu maior emprego em outros estudos já realizados. Uma justificativa importante para adoção deste software é a possibilidade, durante a simulação energética, de escolher dados meteorológicos das estações mais próximas da maternidade em estudo.

Em outros softwares, normalmente, é necessário entrar com arquivos climáticos da cidade no formato EPW ou TRY (como os disponibilizados pelo Laboratório de Eficiência Energética – LabEEE, de Santa Catarina), e neste caso, para o presente estudo localizado na cidade de Goiânia – GO, não existem arquivos disponíveis nesses formatos. Enquanto os dados climáticos do tipo EPW e TRY fornecem dados de uma cidade, sem considerar algumas características locais, os dados obtidos de estações meteorológicas mais próximas à edificação tendem a se aproximar mais das condições climáticas reais. No entanto, é necessário avaliar até que ponto essas diferenças nos dados climáticos utilizados modificam os resultados da simulação energética.

A edificação foi modelada segundo o projeto arquitetônico existente em CAD, com informações complementares a respeito de materiais construtivos e equipamentos empregados obtidas a partir das visitas técnicas e levantamentos fotográficos realizados. Informações quanto às propriedades termo energéticas dos materiais encontrados foram introduzidas no modelo a partir de dados de fornecedores ou de bibliografia técnica. Posteriormente, os ambientes foram especificados segundo o seu uso final e sistemas encontrados. Na Figura 3 são apresentados os modelos tridimensionais gerados no Revit.

Figura 3. Modelo 3D da maternidade gerado no Revit



2.4 Simulação Energética da Edificação no Green Building Studio (GBS)

Para a simulação energética foi utilizado o Green Building Studio (GBS) que é um plug-in integrado ao Revit. Segundo informações da Autodesk (2014), o GBS é um serviço flexível de nuvem que permite a simulação energética e avaliação das emissões de carbono durante a etapa de projeto.
Para o início da simulação foi realizado, primeiramente, a configuração de parâmetros climáticos provenientes da estação de referência e, posteriormente, procedeu-se a especificação de materiais, usos e ambientes, indicando seus respectivos consumos. O programa gera automaticamente a leitura de dimensões e volumes dos ambientes e blocos. A simulação pode ser executada de duas formas, uma é mais simplificada, em que é utilizado o modelo de massa conceitual e a segunda, é um modelo mais detalhado, em que é utilizado os elementos de construção da edificação. No presente trabalho foi utilizado o modelo de massa conceitual, já que algumas informações da edificação não foram encontradas. No primeiro modelo a análise é feita com base na geometria e função de forma da construção e materiais, é definido por exemplo se o sistema construtivo é um sistema leve ou pesado, ou seja é uma abordagem mais genérica. Já para o segundo modelo é necessário possuir dados específicos das paredes, coberturas, pisos, janelas e outros elementos de construção a serem utilizados.
Definidos os parâmetros quanto ao uso da edificação, períodos de ocupação, sistemas instalados, custos e fontes de energia; esse plug-in fornece uma análise da energia da edificação associando a utilização de energia ao seu ciclo de vida e consumo de CO_2, por exemplo. Ele estima, também, o consumo de energia associado ao seu uso, as demandas e os picos de energia ao longo do ano. O programa fornece as possíveis soluções através da adoção de sistemas alternativos de geração de energia, como a estimativa da geração produzida através da instalação de painéis fotovoltaicos.

Além dos aspectos relacionados diretamente ao consumo energético, informações relacionadas às temperaturas e médias térmicas mensais, direção e potência dos ventos locais e umidade são disponibilizados. Dados estes, que são associados aos ganhos termo energéticos da edificação e fornecem um panorama de onde é possível agir visando à redução do consumo energético promovendo ainda a melhor qualidade interna para os usuários.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estudo de Caso para o Estabelecimento de Assistência de Saúde

O Edifício da Maternidade foi modelado no formato tridimensional e renderizada. O modelo foi construído a partir dos dados coletados em campo e confrontados com o projeto disponibilizado em linguagem CAD. Após a especificação das variáveis necessárias para geração do modelo e análise no software, o resultado gerado traduz um conjunto de condições relativas a consumo de energia, combustível e emissões de CO_2. Além disto, há indicação e variáveis climáticas associadas a fachadas da edificação. Um dos principais resultados está demonstrado na síntese de consumo energético, sendo que, no estudo de caso em questão chegou-se a 2,41 vezes o valor da baseline. A baseline, ou seja, linha de consumo de referência foi extraída da análise do consumo específico desse edifício no período de 2012 a 2015, obtido a partir de informações da prefeitura. A simulação foi refeita algumas vezes visando calibrar o modelo tanto para as condições climáticas locais quanto para seus aspectos construtivos e de uso.

Para a edificação em questão o modelo retrofit final ainda não pôde ser definido, uma vez que se faz necessária a complementação de informações que não puderam ser simuladas no programa, como por exemplo, a especificação de propriedades dos materiais e componentes utilizados na edificação (porosidade, permeabilidade, refletância e resistividade elétrica). Ademais, a edificação em questão demanda uma análise das condições de uso que superam o exercício de aplicação da ferramenta BIM por si só. Estima-se uma subutilização de seu potencial funcional e de instalações donde se depreende a necessidade de implantação de equipamentos ainda pendentes seja no âmbito do setor de saúde mais especificamente, seja no âmbito do desempenho e conforto térmico. Tal condição indicou uma tendência de que os dados de consumo e outros estejam submensurados para o padrão de construção encontrado. Portanto, não foi possível chegar a simulações que se aproximassem das condições atuais da edificação.

Por outro lado, a ferramenta computacional possibilitou identificar os locais (blocos) com maior geração de massa de calor, permitindo identificar quais técnicas seriam mais adequadas para qualificação do ambiente interno para as melhores condições de desempenho e conforto térmico, mostrando-se assim, um dispositivo facilitador da análise para aplicação de retrofit. No entanto, uma limitação encontrada, na saída de dados, foi ausência das temperaturas internas dos ambientes, que embora esteja mais relacionada com uma avaliação de desempenho térmico, é importante para a especificação do sistema de climatização artificial. A mesma limitação foi constada por Queiróz et al. (2015).

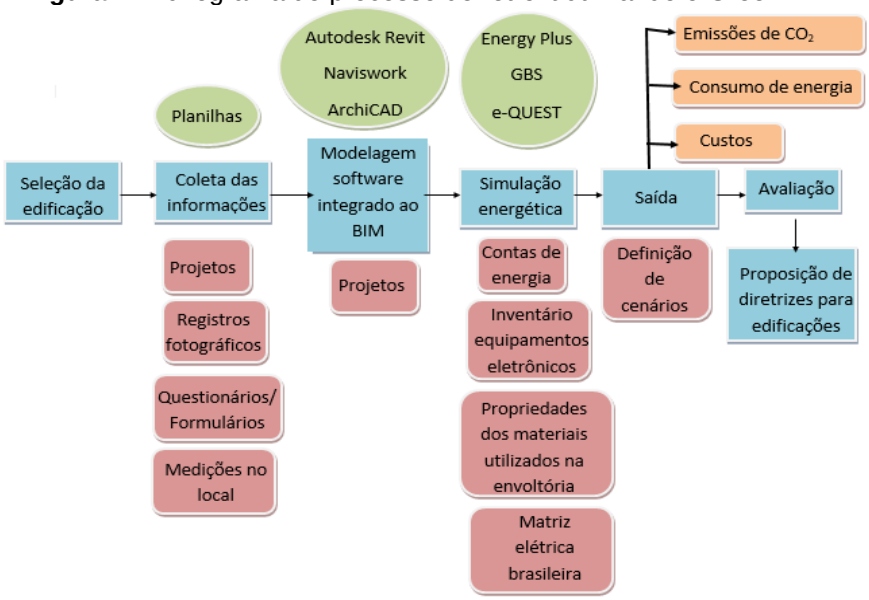
Ressalta-se mais uma vez a dificuldade de obtenção de alguns dados de entrada, como falado anteriormente, principalmente à especificação dos materiais e componentes, visto que é um retrofit, e alguns dos projetos disponibilizados estão obsoletos ou com informações incompletas. Espera-se que a aplicação da ferramenta de simulação para projetos novos seja mais fácil e eficiente, isto, levando em consideração, se estes projetos já forem concebidos no formato BIM, em que os projetistas já pensem durante a especificação de quais dados serão necessárias para uma simulação adequada. Conclui-se então que embora a ferramenta BIM possa ser bastante útil, em

termos de simulações e previsão de diferentes cenários, há uma necessidade de maior atenção e detalhamento nas etapas de concepção e projeto da edificação.

3.2 Estudo de Caso para o Estabelecimento de Assistência de Saúde

A partir de todo o processo realizado neste trabalho, desde as etapas inicias até a sua conclusão, foi elaborado um fluxograma (Figura 4).

Figura 4. Fluxograma do processo de retrofit utilizando o Green BIM



No fluxograma é apresentado o processo para a realização de um retrofit utilizando a ferramenta BIM, que pode ser aplicada à qualquer edificação. Os itens em azul são as etapas do processo, os itens em vermelho são as fontes necessárias, onde os dados de entrada a serem utilizados no software provavelmente serão encontrados e os itens em verde são as ferramentas computacionais utilizadas, que vai desde uma planilha eletrônica até softwares de modelagem e simulação energética que trabalhem em ambiente BIM. Por fim, os itens em alaranjado são os possíveis resultados (saídas) obtidos no processo, entre eles potencial consumo de energia, emissões de CO_2 e custos. A partir da avaliação dos resultados pode ser realizadas novas proposições de retrofit até chegar em resultados mais vantajosos e proposição de diretrizes para edificações mais sustentáveis.

Como etapa final deste estudo, foram levantados os principais benefícios e dificuldades encontradas na aplicação do Green BIM ao retrofit da edificação estudada, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Apresentação dos principais benefícios e dificuldades da aplicação do Green BIM aplicado ao retrofit da maternidade

Benefícios	Dificuldades
Rápida geração de diferentes cenários	Necessidade de profissionais qualificados tanto para a modelagem do BIM como na área de *retrofit* e eficiência energética
Administração e funcionários do hospital podem entender de forma mais fácil os espaços da edificação.	Necessidade de equipe multidisciplinar (arquitetos, engenheiros civis, eletricista, mecânico, ambiental e etc.)
Informação à comunidade sobre o projeto proposto	Necessidade de uma modelagem mais minuciosa da edificação, identificando e especificando cada ambiente, por exemplo, para durante a simulação haver reconhecimento destes ambientes
A partir da edificação modelada é possível integrar com questões relacionadas à manutenção e operação da edificação	Dificuldade de deixar os equipamentos de medição (como por exemplo termômetros) na etapa de diagnóstico da edificação

4. CONCLUSÕES

No presente trabalho foi explorado o campo conservação de energia em edificações a partir do estudo do retrofit de edificações já existentes com o emprego do Green BIM. Foi selecionado um estabelecimento de assistência de saúde (EAS) existente na cidade de Goiânia – GO, a qual foi modelada no Revit e passou por uma simulação energética utilizando o plugin Green Building Studio (GBS). Os resultados desta simulação foram importantes para expor os ganhos térmicos e energéticos da edificação e localizar onde se concentram, proporcionando uma visão do conjunto dos sistemas associados e os potenciais pontos de atuação para uma economia de recursos e energia para a operação da edificação.

No entanto, o valor de consumo de energia apresentado na simulação, ficou distante do valor da baseline. Recomenda-se para futuros estudos a simulação energética em outros softwares como o DesignBuilder, por exemplo, que é um software específico para avaliação do desempenho energético de edificações, mesmo sabendo-se que possui outra abordagem de avaliação.

Foi apresentado um fluxograma do processo de retrofit por meio da utilização do Green BIM, podendo ser utilizado como ferramenta de apoio a outros projetos de retrofit. Sendo assim, a principal contribuição do presente trabalho foi trazer a discussão sobre o tema retrofit e Green BIM, o qual ainda é pouco difundido, principalmente no meio técnico brasileiro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTODESK. Green building Studio. São Francisco. Disponível em: <https://gbs.autodesk.com/GBS> Acesso em 04/12/15.

CALDAS, L. R.; NASCIMENTO, M. L. M.; CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. Diagnóstico da Produção Científica Relacionada à Aplicação do BIM à Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida. In: IBERO-LATIN AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, 37., 2015, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CILAMCE, 2015.

EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

LEWIS, A. M.; VASQUEZ, R. V.; CLEVENGER, C.; SHEARLY, T. BIM Energy modeling: case study of a teaching module for sustainable design and construction courses. Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice., v. 141, n. 2, p. 1-6, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Balanço Energético Nacional. Relatório do Ano de 2015, Brasília, Brasil. 2016.

MOTAWA, I.; CARTERB, K. Sustainable BIM-based Evaluation of Buildings. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 74, p. 419 – 428, 2013.

QUEIRÓZ, G. R.; SCHIMANIAK, N. K.; SANTOS, J. C. P.; GRIGOLETTI, G. C. Autodesk Revit® como ferramenta BIM aplicada à simulação térmica de edificações. Revista de Arquitetura IMED, v. 4, n.2, p.33-41, 2015.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. Automation in Construction, v. 38, p.109-127, 2014.

WONG, J. K. W.; ZHOU, J. Enhancing environmental sustainability over life cycles through green BIM: A review. Automation in Construction, v. 57, p.156-165, 2015.

77. ATRIBUTOS BIOCLIMÁTICOS EM OBRAS DE ARQUITETURA – DESTAQUES GRÁFICOS

PORTO, Maria Maia[*1](mariamaiaporto@ufrj.br); PEIXOTO, Mayara[2] (mp2409@gmail.com);*
FARIAS, Mariana de[3] (marianamaciel-@hotmail.com);
ALVAREZ, Adriana[4] (alvarezz@uol.com.br); FONSECA, Ingrid[5](ingrid.c.l.fonseca@gmail.com);
MAGALHÃES, Stephenson[6] (samagalhaes@live.com)
[12346]Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ), Brasil
[5]Università degli Studi "La Sapienza" di Roma
**Autor correspondente*

RESUMO
O artigo é parte integrante de um trabalho iniciado na FAU/UFRJ que nasce com a colaboração de alunos, professores e pesquisadores, tendo como objetivo principal a composição de um banco de dados referente a soluções construtivas e formais deedificações construídas em território brasileiro nos últimos anos, com enfoque voltado aos atributos bioclimáticos. Trata-se da análise qualitativa de soluções que venham a enriquecer o repertório projetual do aluno de graduação ou jovem arquiteto, visando o sombreamento e a ventilação natural de ambientes internos, através do destaque gráfico (resultados obtidos com cores), em imagens veiculadas pelas mídias especializadas. Aqui apresentamos os resultados parciais deste trabalho, referentes a três edificações: a Escola Jardim Ataliba Leonel (Grupo SP); o Centro de Pesquisa da Petrobrás – CENPES II (S. Zanettini) e a Fábrica COBLOGÓ (SUBdV).
Palavras-chave: permeabilidade aos ventos de fachadas; sombreamento em soluções de arquitetura; referências projetuais para clima tropical quente e úmido.

BIOCLIMATIC ATTRIBUTTES IN ARCHITECTURAL WORKS – GRAPHIC HIGHLIGHTS

ABSTRACT
The article is part of a work begun in the FAU/UFRJ. It is born with the collaboration of students, professors and researchers whose main objective is the composition of a data base of constructive and formal solutions of buildings built in Brazilian territory in recent years, with a focus on bioclimatic attributes. It is the qualitative analysis of solutions that will enrich the project repertoire of the undergraduate student or young architect, aiming at the shading and the natural ventilation of internal environments, through the graphic highlighting (results obtained with colors), in images conveyed by specialized media .Here, we present the partial results of this work, referring to three buildings: Jardim Ataliba Leonel School (SP Group); The Petrobrás Research Center - CENPES II (S. Zanettini) and the COBLOGÓ Plant (SUBdV).
Keywords: wind permeability of facades, architectural shading, design references for hot and humid tropical climate.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento em Conforto Ambiental, apoiado na abordagem bioclimática, tem avançado em pesquisas, publicações e ensino de graduação em Arquitetura e Engenharia. No entanto, a integração dos (inúmeros) aspectos que devem ser observados na prática projetual (sendo a

incorporação das recomendações bioclimáticas, um destes) é uma ação complexa, exigindo um certo domínio de vocabulário, que pode ser ampliado com o acesso a soluções formais e construtivas existentes.

As referências projetuais cumprem um importante papel na prática da concepção arquitetônica, já que conhecer soluções adotadas estimula e respalda outras iniciativas. Contribuindo para essa finalidade, há um elenco de obras de arquitetura que são veiculadas pela mídia. Edificações em seu contexto físico são apresentadas regularmente, como exemplares internacionais ou nacionais, em revistas impressas ou virtuais – fontes significativas de consulta. As imagens publicadas apresentam o objeto arquitetônico através de fotografias e informações técnicas principais e, particularmente, a forma edificada e traços da materialidade são apreendidos desde a primeira observação.

Aspectos morfológicos são tradicionalmente reconhecidos como essenciais à compreensão da solução arquitetônica, dado que resultam de uma organização espacial fisicamente estruturada. Enquanto quesitos de função, uso ou simbolismo variam com a época, cultura, entre outros, os elementos da arquitetura relativos à forma e ao espaço são essenciais e permanecem como vocabulário primário para o arquiteto projetista (CHING, 1979).

Assim, parte-se, nesse trabalho, da premissa que a imagem da forma e da materialidade serve de base para integração de conteúdos técnico-científicos específicos no projeto. E que o uso de recursos gráficos para leitura das soluções de forma e materialidade pode direcionar a atenção do aluno e profissional para os atributos bioclimáticos aplicados.

Se, por um lado, a variedade de condições climáticas no planeta é reconhecida, ainda atualmente, há o enaltecimento de soluções arquitetônicas pouco adequadas aos trópicos que são mantidas como referências projetuais.

Está consolidado o conhecimento, por exemplo, a respeito da importância do sombreamento e da ventilação natural como medidas para compensar elevadas temperaturas e umidade do ar. O próprio Modernismo produziu exemplares que ilustram soluções primorosas nesses termos. O que não dizer dos pilotis, da janela em fita ou dos *brises-soleil*? Mas atualmente vivemos a pluralidade da linguagem arquitetônica (NEOSBITT, 2006) e há que se constituir novo repertório de referências contemporâneas e bioclimáticas.

Para isso destaca-se a importância da NBR 15220, atualmente em vigor no país, que identifica 8 zonas bioclimáticas e recomenda estratégias projetuais adequadas a cada uma.

2. OBJETIVO

O artigo tem por objetivo destacar graficamente atributos como sombreamento e permeabilidade aos ventos, em obras de arquitetura atuais e construídas em território brasileiro. Visa, com abordagem qualitativa, compor ensaio para início de elaboração de banco de dados de referências projetuais para o clima tropical quente e úmido.

A interferência gráfica na imagem permite conduzir o olhar para a evidência das soluções construtivas e espaciais adotadas. Tais soluções, mais do que a obra completa, são o objeto de interesse aqui, já que ilustram possibilidades didáticas para jovens arquitetos.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Como roteiro do trabalho de pesquisa e artigo, tem-se:

i. seleção de obras de arquitetura, segundo os seguintes critérios e restrições principais:
   - com soluções de sombreamento e/ou permeabilidade aos ventos, associadas à forma e materialidade, com potencial para ser uma referência a outras concepções projetuais;
   - construídas a partir do ano 2000, no Brasil;
   - veiculadas em mídia especializada, com alcance nacional;
   - projetadas, cada uma, para uso distinto.

ii. uso de recursos gráficos computacionais, segundo critérios:
   - permitir evidenciar, na própria ou a partir da própria imagem, os atributos bioclimáticos citados, de modo qualitativo.
   - diversificados, embora com aspectos que dêem unidade às grafias das obras que comporão o banco de dados.

iii. apresentação de informações básicas e técnicas sobre a obra.

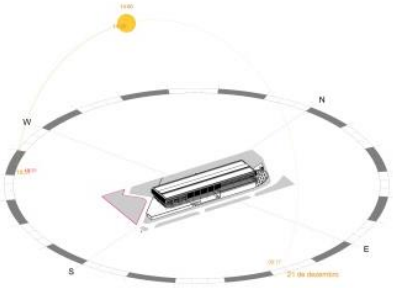
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados ensaios com destaque do sombreamento e permeabilidade aos ventos, como atributos das seguintes obras arquitetônicas: Escola Jardim Ataliba Leonel (autoria Grupo SP e spbr, 2003-2004); Centro de Pesquisa da Petrobrás – CENPES II (Siegbert Zanettini, 2010); Fábrica COBLOGÓ (SUBdV)..

4.1. Recuo como sombreamento e grandes vãos gerando permeabilidade aos ventos – uma distinção da Escola Jardim Ataliba Leonel

A Escola está localizada em SP e implantada com o eixo longitudinal NNE-SSO, enfrentando desafios na proteção ao sol da manhã e da tarde. O recuo das salas de aula em relação à fachada é uma estratégia que pode ser destacada. O sombreamento pode ser compreendido e indicado como resultante de uma subtração do volume em todo o corpo edificado (ver figura 3a, b e c). As paredes das salas de aula são afastadas da fachada pela circulação horizontal, protegendo os ambientes, de uso contínuo, da radiação solar direta.
O excesso de carga térmica é, em parte, retirado com o auxílio da ventilação natural. De fato, a permeabilidade aos ventos pode ser depreendida a partir da relação entre cheios e vazios nas fachadas principais e mais extensas, como característica em harmonia com a função e espacialidade do projeto. Seguem os destaques nas figuras 1 a 4 a seguir:

Figura 1. Implantação e trajetória solar – Solstício de Verão (21 de dezembro)



Elaboração própria. Software Autodesk Revit

Figuras 2 a, b e c. Análise da permeabilidade da edificação

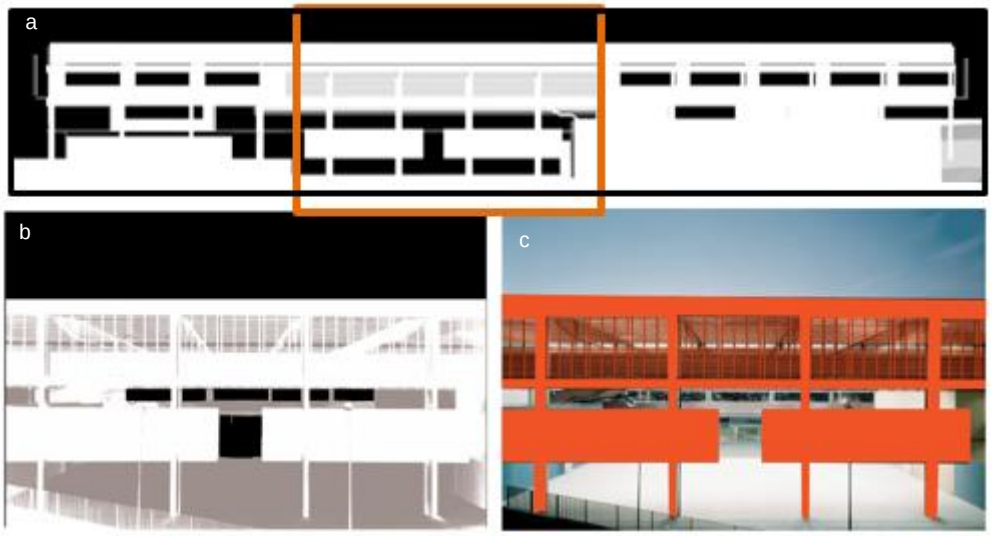
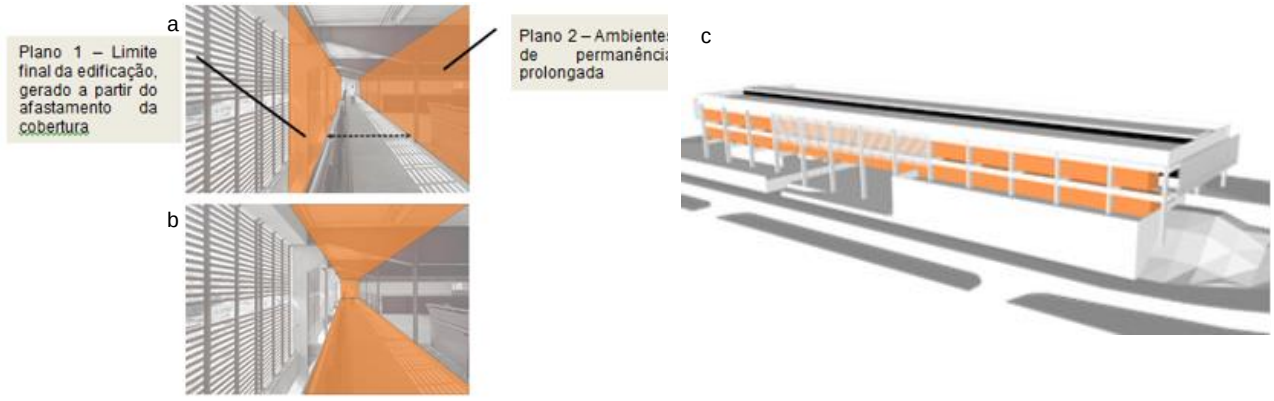


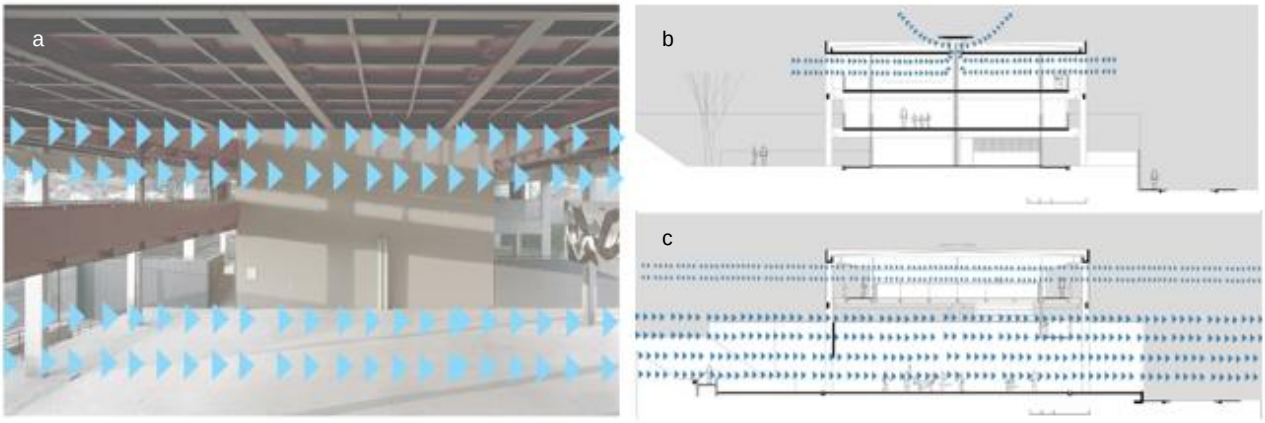
Figura 2 a – Elaboração própria. Software Sketch up. Fachada principal, na qual busca-se destacar o contraste entre os cheios e vazios. Imagem figura-fundo: preto para as aberturas; branco para barreiras. Figuras 2 b e c – Análise gráfica de elaboração própria. Destaque para a permeabilidade do pátio central da escola, evidenciando a leveza estrutural, e a ausência de grandes barreiras para a passagem do vento. Base fotográfica retirada do acervo do escritório spbr.

Figuras 3 a, b e c. Indicação do recuo - subtração da forma arquitetônica



Figuras 3 a e b – Análise gráfica de elaboração própria. Destaque para o recuo dos ambientes de permanência prolongada. Base fotográfica retirada do acervo do escritório spbr.
Figura 3 c – Elaboração própria. Software Sketch up.Perspectiva destacando no todo edificado o espaço subtraído.

Figuras 4 a, b e c. Destaque para a permeabilidade aos ventos

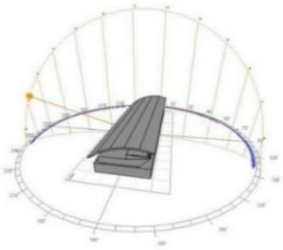


Figuras 4 a, b e c – Análise gráfica de elaboração própria. Destaque para o recuo dos ambientes de permanência prolongada. Base fotográfica e cortes arquitetônicos retirados do acervo do escritório spbr.

4.2. CENPES II – A cobertura curva em telha metálica e o sombreamento de um grande beiral

Localizado na cidade universitária do município do Rio de Janeiro, o Centro de Pesquisas da Petrobrás, CENPES II foi concebido com valorização das questões ambientais como premissa projetual. O projeto elaborado por Siegbert Zanettini prezou pela orientação Norte-Sul (ver figuras 5, 6a e 6b), onde se insere o principal volume arquitetônico, cuja cobertura é destacada neste artigo como solução construtiva capaz de significativo sombreamento. Trata-se de uma estrutura independente do restante do edifício, projetada com vão considerável entre as treliças e as lajes, favorecendo também o isolamento térmico.

Figura 5. Implantação e trajetória solar – Solstício de Verão (21 de dezembro)

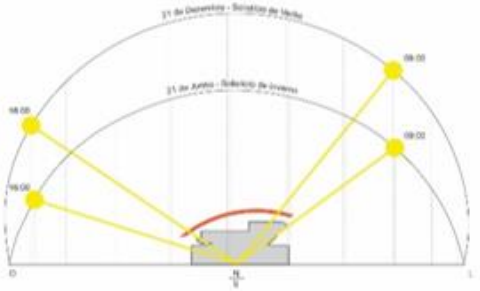


Elaboração própria. Software Autodesk Revit

O volume principal da edificação funciona como eixo de articulação de todas as atividades de produção científica, dos laboratórios e escritórios no pavimento térreo; dos escritórios nos dois pavimentos superiores, igualmente servidos por um eixo central de circulação de usuários internos e externos. Neste eixo encontram-se os sistemas de energia e informação. O partido propõe um sistema de edifícios predominantemente horizontal, intercalado por espaços abertos, composto por áreas cobertas e descobertas que, com emprego da vegetação, também produz espaços sombreados.

Figuras 6 a e b. Incidência solar padrão em corte nos solstícios, com destaque para o solstício de verão

a



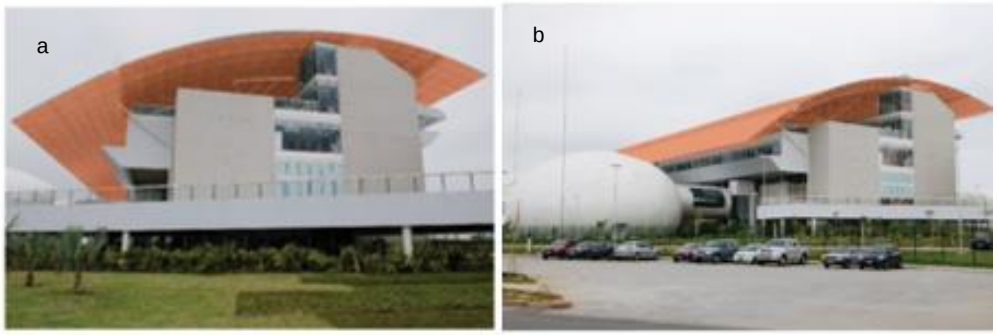
b



Figura 6 a – Análise gráfica de elaboração própria. Software Autodesk Ecotect. Indicação da amplitude do período de proteção em função da cobertura durante a trajetória solar nos solstícios.
Figura 6 b – Análise gráfica de elaboração própria. Destaque para a orientação e cobertura do edifício principal (eixo norte sul) e o período de proteção solar durante o solstício de verão. Base fotográfica retirada do acervo do escritório de Siegbert Zanettini.

A cobertura treliçada do volume maior desempenha a função de sombrear e proteger o eixo principal. Em formato curvo, orientada à norte-sul, garante proteção para maior parte dos momentos de incidência de radiação solar indesejada (ver figuras 7a e b).
O vão existente entre a cobertura e as lajes também favorece a circulação dos ventos (ver figuras 8 a e b). A estrutura em formato de árvore que sustenta a cobertura permite o movimento do fluxo de ar inclusive entre os diferentes níveis dos pavimentos, uma solução positiva em função da grande dimensão dos espaços.

Figuras 7 a e b. Cobertura independente (isolamento térmico)



Figuras 7 a e b – Análise gráfica de elaboração própria. Destaque para o formato da cobertura e seu aspecto independente do restante do edifício, que favorece seu isolamento térmico. Base fotográfica retirada do acervo do escritório de Siegbert Zanettini.

Figuras 8 a e b. Cobertura independente (isolamento térmico)

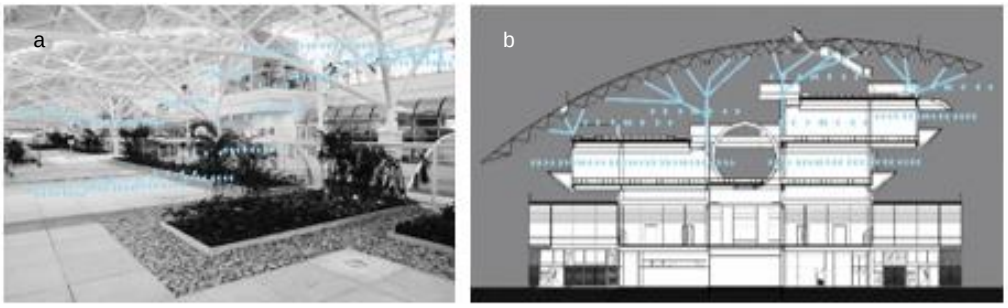
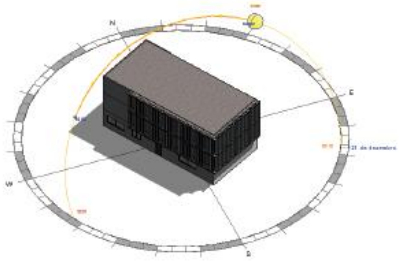


Figura 8 a – Análise gráfica de elaboração própria. Indicação da permeabilidade aos ventos Base fotográfica retirada do acervo do escritório de Siegbert Zanettini.
Figura 8 b – Análise gráfica de elaboração própria. Destaque ao do sistema estrutural arborescente que favorece a circulação de ventos. Desenho arquitetônico retirado do acervo do escritório de Siegbert Zanettini.

4.3. Fábrica Coblogó – Parametrização e cobogós no plano da fachada

Localizada na cidade de Taboão da Serra - SP, o projeto foi desenvolvido para ser o anexo deuma fábrica de brinquedos. Segundo o escritório SUBdV, foram utilizados métodos avançados de computação gráfica e interpretação de parâmetros no desenho arquitetônico, combinados com uma maneira simples de construir, mão de obra não especializada e matéria-prima barata. Pode-se destacar como atributos bioclimáticos, o pé direito duplo, o cobogó nas fachadas sul e oeste, que colocados de “modo orgânico”, rompem com o plano em aberturas não simétricas.
Os Cobogós, articulados de modo orgânico, constituem uma segunda camada de plano vertical na envoltória e compõem pequenas aberturas ao sol e vento (ver figuras de 9 à 12).

Figura 9. Implantação e trajetória solar – Solstício de Verão (21 de dezembro)



Elaboração própria. Software Autodesk Revit

Figuras 10 a e b. Inserção de atributos na volumetria-base.

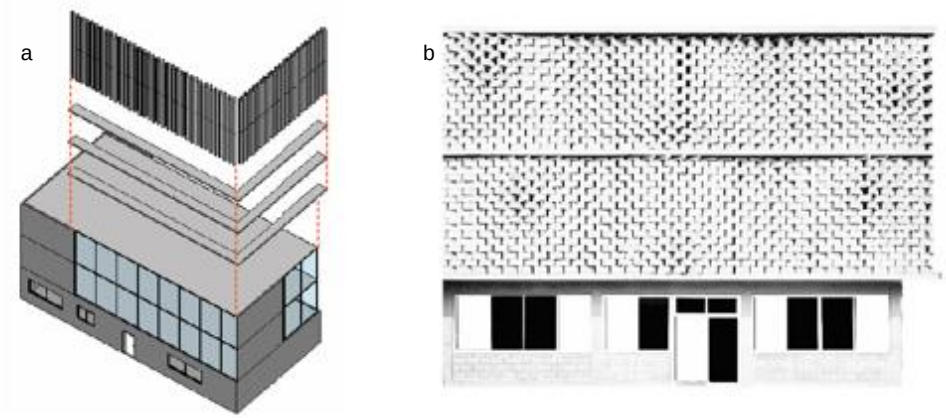
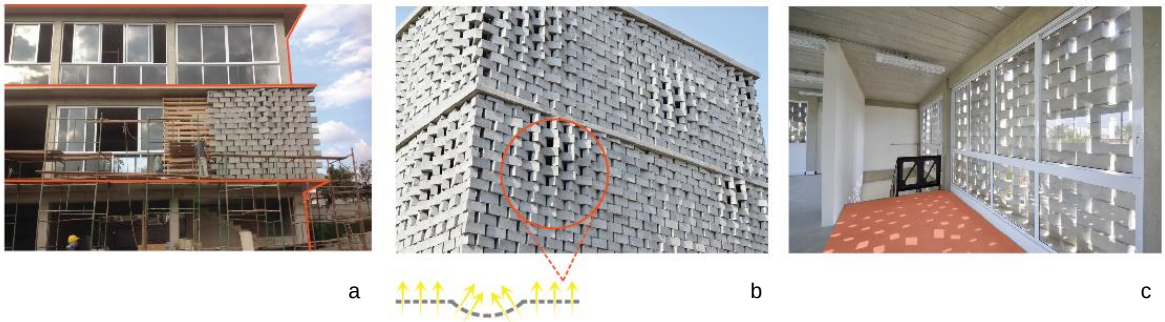


Figura 10 a – Elaboração própria. Software Sketch up.Destaque para os atributos de proteção solar – cobogó e marquise.
Figura 10 b – Análise gráfica de elaboração própria. Base fotográfica retirados do acervo do escritório SUBdV. Busca-se destacar o contraste entre os cheios e *vazios. Imagem figura-fundo: preto para as aberturas; branco para barreiras*.

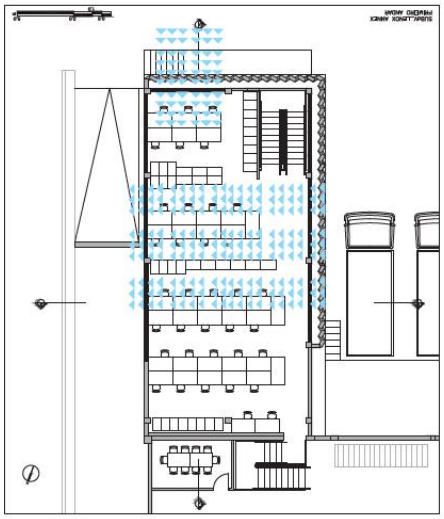
Figuras 11 a, b e c. Destaque para elementos de proteção solar. Análise gráfica a partir de fotografias.



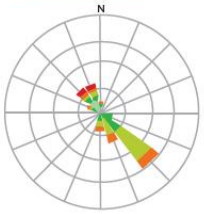
Figuras 11 a, b e c – Análise gráfica de elaboração própria. Base fotográfica retirados do acervo do escritório SUBdV.

Figuras 12 a, b e c. Análise da permeabilidade aos ventos

a





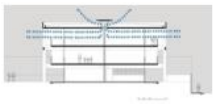
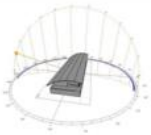
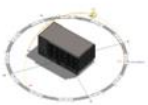


b

Figura 12 a – Análise gráfica de elaboração própria. Planta retirada do acervo do escritório SUBdV.Representação da passagem dos ventos na planta baixa do 1ª pavimento.
Figura 12 b – Análise gráfica de elaboração própria. Base fotográfica retirados do acervo do escritório SUBdV. Destaca-se a possibilidade de 50% de passagem do vento na parte superior da esquadria piso-teto (composta por esquadria de correr + vidro fixo).
Figura 12 c – Rosa dos Ventos da cidade de Taboão da Serra.

Por fim, a Tabela 1 objetiva ilustrar de modo sintético os principais atributos avaliados qualitativamente: implantação, ventilação e sombreamento, de cada estudo de caso, permitindo evidenciar as soluções adotadas.

Tabela1. Quadro analítico dos projetos.

PROJETOS	SITUAÇÃO	PROTEÇÃO SOLAR	PERMEABIIDADE AOS VENTOS
Escola Jardim Ataliba			
CENPS II			
Fábrica Coblogó			

5. CONCLUSÃO

As três obras escolhidas, de renomados escritórios, apresentam soluções construtivas e espaciais que ilustram possibilidades para se projetar considerando sombreamento e ventilação natural, seja através da forma ou da materialidade. A análise gráfica elaborada com interferências sobre as imagens veiculadas, aponta e evidencia para o aluno de graduação ou jovem arquiteto, formas de viabilização dos tão propagados atributos para o clima tropical quente e úmido.
As edificações apresentadas trazem na concepção, forma ou materialidade, características distintas, inspiradoras de novas soluções, contribuindo assim para que seja evitada a adoção de parâmetros adequados a outros climas. As reentrâncias na envoltória – por adição ou subtração de planos, e a descontinuidade espacial são peculiaridades da arquitetura que podem ser depreendidas com o olhar, quando se busca repertórios compatíveis com regiões de média e alta temperatura e elevada umidade.
Tais soluções, sempre adotadas com considerações ao microclima local e ao entorno imediato, quando este apresenta interferência às condições seja de ventilação que de radiação incidente, representam respostas adequadas.
O atual ensaio, que buscou ressaltar as soluções de sombreamento e permeabilidade adequadas em edficações é o início de uma série de referência projetuais que comporá banco de dados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHING, Francis D. K. “Arquitetura – Forma, Espaço e Ordem”. 3ª Edição. Martins Editora, 2012.

Escola Estadual no Jd.Ataliba Leonel, Galeria da Arquitetura. <http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/spbr-arquitetos_/escola-fde-jardim-ataliba-leonel/1600>. Acesso em 20 de dezembro de 2016

Escola Estadual no Jd.Ataliba Leonel, Grupo sp. Disponível em: <http://www.gruposp.arq.br/?p=614>. Acesso em 20 de dezembro de 2016.

Escola Estadual no Jd.Ataliba Leonel, Grupo spbr. Disponível em: <http://www.spbr.arq.br/portfolio-items/escola-fde-jardim-ataliba-leonel-2/>. Acesso em 20 de dezembro de 2016.

GARCIA, J. W., ZANETTINI, S., Ampliação do CENPES, Centro de Pesquisas da Petrobras Leopoldo A. Miguez de Mello, Rio de Janeiro: 2010. Disponível em: www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/11.127/3983. Acesso em 20 de dezembro de 2016.

KATE, Nesbitt (org.). Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995). São Paulo: Cosac &Naify, 2006.

126. A PRODUÇÃO DE HABITAÇÕES MÍNIMAS EM NATAL (RN), BRASIL: UM ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DIMENSIONAL E FUNCIONALIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

MACEDO, Priscila Ferreira de[1](priscilamacedo_arq@hotmail.com); TINÔCO, Marcelo Bezerra de Melo[1] (mmtinoco@gmail.com); ATAÍDE, Ruth Maria da Costa[1](rataide_58@hotmail.com)*
[1] Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU), UFRN, Brasil

RESUMO
O presente artigo[1] tem como objetivo analisar as soluções de projeto de habitações mínimas de unidades com dois dormitórios e área entre 50m² e 60m², sob a ótica da qualidade dimensional e funcional do ambiente construído, sendo o objeto de estudo projetos habitacionais das cinco principais empresas de construção civil da cidade de Natal (RN), Brasil, entre os anos de 2005 e 2015, período de elevada produção habitacional na cidade. Para aferir a qualidade dimensional e funcional das habitações, utilizou-se como referência o método gráfico desenvolvido por Alexander Klein, baseando os critérios de análise em: a) organização das áreas de passagem e circulações; b) concentração das superfícies livres; c) analogias geométricas e relação entre os elementos da planta. Os resultados demonstram que, apesar dos projetos apresentarem um padrão relativamente hegemônico de áreas e padrões topológicos, algumas geometrias de cômodos e disposições de mobiliário favorecem a funcionalidade dos ambientes. A análise permite concluir que, se por um lado o padrão uniforme amplamente disseminado pelas construtoras favorece o individualismo dos habitantes - característica da sociedade contemporânea; por outro, considerando a diversidade de arranjos familiares atuais, pode dificultar as relações sociais e a autonomia das diferentes famílias que abrigam. A partir do exposto, espera-se contribuir para a discussão sobre a qualidade habitacional na sua relação com o ambiente construído, no que tange ao dimensionamento e à funcionalidade dos seus espaços.
Palavras-chave: habitações mínimas; qualidade dimensional; funcionalidade.

THE PRODUCTION OF MINIMUM HOUSING IN NATAL (RN), BRAZIL: A STUDY ON THE DIMENSIONAL QUALITY AND FUNCTIONALITY OF THE BUILT ENVIRONMENT

ABSTRACT
This paper aims to analyse design solutions of minimum housing with two bedrooms and area between 50sqm and 60sqm from the viewpoint of dimensional and functional quality of the built environment, from projects of five main builders company in the city of Natal (RN), Brazil, between 2005 and 2015, period of high housing production in the city. In order to measure the dimensional and functional quality of the dwellings we use the graphical method of plans analysis developed by Alexander Klein, which criteria are: a) organization of circulation and movement areas; b) concentration of empty areas; c) geometric analogies and relation between the elements of the plant. The results reveals the standard of living offered by the real estate market with regard to areas and topological patterns, and also show that some geometries and furniture layout can be more affordable to the functionality of the rooms. If in one hand the uniform pattern widely disseminated

[1] Este artigo faz parte de uma dissertação em desenvolvimento sobre as habitações mínimas em Natal e sua relação com a qualidade dimensional e funcional e consiste dos resultados parciais a partir da análise de cinco edificações.

by builders further the individualism of the inhabitants - characteristic of contemporary society; on the other hand, it can make social relations and the autonomy of different kind of families more difficult. Therefore, our contribution is to expand the discussion about housing quality offered by the real estate market it relation with the built environment especially in the sense of dimensional e functional quality.
Keywords: minimum housing; dimensional quality; functionality

6. INTRODUÇÃO

A produção de habitações mínimas se fundamentou na ideia de que seria possível atender as necessidades de morar da população através da construção de unidades habitacionais (UHs) com dimensões reduzidas, que adotando o funcionalismo e racionalismo, abrigassem os potenciais usos dos espaços, através do agrupamento de setores (social, íntimo e serviços) e atividades. Esses preceitos se afirmaram a partir da intensificação do processo de urbanização, da consolidação do modernismo, com o advento das novas tecnologias e as crises habitacionais oriundas das duas grandes Guerras.

Entre as décadas de 1920 e 1950, os conceitos e a tipologia das habitações mínimas - também tratadas na literatura por habitações compactas, foi amplamente difundido, nos Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna (CIAMs), como pode ser constatado nas proposições de Alexander Klein, quando afirmava:

> Não se pode resolver todo problema por mera redução de cada uma das exigências fundamentais de uma habitação; é, ademais, imprescindível elaborar um programa completo de habitações e criar novas tipologias tendo em conta tanto as questões sociais, econômicas, o número de membros de cada família e seu modo de vida como a distribuição dos diferentes tipos de habitação segundo as características dos diferentes bairros da cidade. (KLEIN, 1980, p. 75 – tradução livre)

Entretanto, passados quase um século das primeiras discussões, a produção imobiliária atual brasileira aparentemente subverteu os preceitos do habitar mínimo a meros valores dimensionais e/ou econômicos. Além disso, apoiando-se nas políticas nacionais de habitação e nos regramentos urbanísticos encontram respaldo legal para adotar padrões arquitetônicos mínimos, que não satisfazem a qualidade dimensional e a funcionalidade dos ambientes projetados e ignoram os pressupostos de novas tipologias ou a adequação aos diferentes contextos e famílias, como apontam outros estudos precedentes[2]. Nesse contexto, a discussão aqui proposta tem por objetivo analisar a produção de habitações compactas do mercado imobiliário quanto aos seus aspectos dimensionais e funcionais, na cidade de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, cujas unidades tenham dois dormitórios, áreas entre 50m² e 60m² e construídas entre os anos de 2005 e 2015[3].Se o prenúncio da compactação das habitações verticais em Natal esteve inicialmente ligado a projetos financiados pelo Estado, através das ações do Banco Nacional de Habitação (BNH), foi através da iniciativa privada que esta se intensificou e se consolidou.

[2] Ver a respeito: REIS e LAY, 2002; FOLZ, 2003; TRAMONTANO, 2003; LAPETINA, 2007; PALERMO, 2009; BARCELOS, 2011; PORANGABA, 2011; VASCONCELOS, 2011; PEREIRA, 2015).

[3] Em sua tese de doutorado, Queiroz (2012) aponta as cincos construtoras com maior volume de produção registrado em cartório dentre o período de 2000 a 2010, assumidas como objeto estudo neste artigo. No que diz respeito a faixa de áreas, nas UHs acima de 60m² já era possível encontrar três dormitórios, o que fugia ao objeto de dois dormitórios, definido como padrão.

Sobre ela, Queiroz (2012) demonstra que os anos 2000 são marcados ao mesmo tempo pelo aumento da produção habitacional e por uma relativa redução das áreas construídas por unidade. Essa redução pode ser inicialmente explicada pela elevada produção de edifícios verticais do tipo *flat*[4], a qual, segundo o autor, esteve associada ao elevado fluxo turístico estrangeiro existente na cidade à época, que dinamizou a economia local na primeira metade dos anos 2000 e orientou a ação do capital imobiliário na direção desse segmento. Em contrapartida, devido à crise imobiliária internacional, a segunda metade dessa década foi marcada por outros dois movimentos, que consolidaram a produção de UHs com áreas reduzidas: a redução de investimentos do setor privado, com a saída dos turistas (compradores) estrangeiros e a reedição da promoção pública de moradias, através da criação do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) do governo federal.
Entre as consequências dos movimentos destacam-se duas outras: de um lado, a redução dos investimentos contribuiu diretamente para a crise e retração da produção imobiliária da tipologia *flat.* Com isso, mediante pressão da iniciativa privada junto a gestão pública, os *flats* puderam ser convertidos em edifícios de uso residencial, por meio do decreto Nº. 8.688 (NATAL, 2009). Assim, como a característica principal desta tipologia consiste em unidades com área bastante reduzida, as UHs oriundas do decreto herdam deles as dimensões exíguas. Do outro lado, o PMCMV, além de estimular a produção em grande escala de UHs para diferentes segmentos sociais, também estimulou a produção de ambientes com áreas mínimas, estabelecidas como critérios mínimos pela Caixa Econômica Federal (CEF) - agente público responsável pela gestão financeira do Programa[5]. Dessa maneira a conversão dos flats em edifícios residenciais associada a produção derivada do PMCMV, resultou no entendimento comum, de que as áreas construídas das habitações com dois dormitórios produzidas a partir de 2005 observam os padrões definidos pelos regramentos urbanísticos ou definidos pela CEF. E estas, quando contrapostas a referenciais técnicos sobre dimensionamento adequado de ambientes mostram-se insatisfatórias do ponto de vista da qualidade dimensional e funcional dos espaços[2].
Além disso, a partir da simples observação de plantas de vendas de empreendimentos nota-se que os layouts padrões norteadores dos projetos e que, muitas vezes determinam a escolha dos consumidores, adotam propostas bem específicas em relação ao tamanho e disposição dos mobiliários. A partir disso, levantam-se algumas questões: Se o projeto é padronizado, por que estabelecer dimensões de mobiliários tão específicas e exíguas que muitas vezes não são encontradas no mercado varejista de móveis e equipamentos? Como favorecer diferentes arranjos familiares, se são feitos projetos para uma família nuclear padrão?
O objetivo do trabalho não está em aferir a satisfação ou adaptação do usuário ao espaço projetado, considerando que de alguma maneira essa adaptação acontecerá. Na verdade, busca-se questionar a forma restritiva como esses projetos são ofertados, pois estudos anteriores sobre o tema demonstram que os projetos com áreas mínimas pouco favorecem a adaptabilidade dos usuários em termos funcionais, ergonômicos e econômicos, prejudicando, com isso, a qualidade dos ambientes. A partir desses questionamentos procura-se compreender como se encontra a produção privada de habitações mínimas sob a ótica de qualidade dimensional e funcional do ambiente projetado.

[4] Segundo Queiroz (2012), como flats entende-se, edifícios verticais com média de 10 a 15 pavimentos e unidades com área bastante reduzida – em torno de 50,00 m², chegando, em alguns casos, até a 08 uh/pavimento.
[5] Na primeira edição do PMCMV, a CEF divulgou, a título ilustrativo, uma planta-tipo para os projetos de casas e apartamentos que embora não fosse obrigatória, deu origem a repetições em série do tipo proposto. Em virtude da baixa qualidade arquitetônica deste e pressionados pela Federação Nacional dos Arquitetos e Urbanistas, a cartilha foi revisada e, a partir de 2010 definiram-se os parâmetros da NBR 15575- parte 1, como sendo os mínimos necessários ao dimensionamento de ambientes internos.

7. MÉTODO KLEIN

Para aferir a qualidade dimensional e funcional das unidades, foi aplicada uma adaptação do método desenvolvido por Alexander Klein, o qual se baseia na análise de plantas e configuração dos espaços considerando tanto o ambiente construído, quanto o mobiliário e os equipamentos, dividindo-se em três etapas: a) exame preliminar mediante questionário; b) redução de projeto a uma mesma escala; c) método gráfico. Para esse estudo foram adotadas as etapas 'a' e 'c', já que a redução a uma mesma escala visa testar diferentes possibilidades de arranjos de um mesmo programa arquitetônico e não corresponde, portanto, ao objetivo do trabalho.
Como o método foi desenvolvido no ano de 1928, na Alemanha, quando foram construídas as primeiras habitações mínimas, sabe-se que o contexto de sua aplicação e desenvolvimento difere em muito do contexto atual, contudo fazendo-se as devidas adaptações e associando-o aos conhecimentos atuais, acredita-se que análise de Klein é bastante consistente e fundamentada, sendo adequada à aplicação neste estudo. Assim, foram analisadas as plantas de venda divulgadas pelas construtoras, nas quais se encontram o layout de mobiliário proposto.

7.1 Exame preliminar mediante questionário: áreas úteis e setorização

Consiste na elaboração de um questionário composto por uma série de condicionantes cuja primeira parte corresponde a dados dimensionais, e a segunda aos aspectos quantitativos dos espaços construídos. Como a aferição da segunda parte é bastante subjetiva, consideramos apenas os dados dimensionais da primeira. A partir do destes, originam-se três coeficientes: *Nutzeffekt*, relação entre superfície útil e superfície construída, *Wohneffekt*, relação entre superfície das zonas de estar e dos dormitórios e a superfície construída e *Betteffekt*, que corresponde à relação entre a superfície construída e o número de camas. Esses coeficientes permitem identificar as áreas com maior atenção dos projetos, bem como a área prevista por morador da UH.

7.2 Método gráfico

Considerada a etapa mais importante da análise, o método gráfico baseia-se na: a) organização das áreas de passagem e caminhos, b) concentração das superfícies livres, c) analogias geométricas e relação entre os elementos da planta, d) fracionamento das superfícies e da leitura do espaço, esta última não foi contemplada no nosso estudo já que depende das elevações e tivemos acesso apenas as plantas.

7.3.1 Organização das áreas de passagem e dos caminhos: análise das circulações

A organização das áreas de passagem e dos caminhos consiste na análise dos espaços úteis disponíveis para a livre movimentação das pessoas, ou seja, os espaços de circulação, considerando como passível desta as áreas livres após a colocação do mobiliário. Assim, para cada planta, considerou-se como áreas de passagem, os caminhos percorrido pelo morador a partir da porta de entrada até os acessos as demais portas e janelas da UH, definindo-se , com isso, os eixos de circulação, a partir de um módulo com unidade de passagem de 0,60m.

7.3.2 Concentração das superfícies livres: análise dos espaços de atividades e da geometria dos ambientes

A concentração das superfícies livres corresponde as áreas que permanecem utéis para o desenvovimento das atividades correspondentes ao mobiliário disposto. Considerando a semelhança dessa definição com a dos espaços de atividades proposto por Boeuri Filho (2008), adotou-se este último no método adaptado. Segundo ele, a área mínima de um ambiente pode ser

obtida pelo mobiliário e pelos espaços de atividades arranjados espacialmente, de modo que as condições de uso, acesso e articulação entre mobiliário, equipamentos e componentes do edifício (geometria dos ambientes) sejam adequadas às funções executadas naquele local.
Logo, para cada mobiliário ou equipamento proposto pelo layout se define o espaço de atividade correspondente, classificando-o em três níveis distintos: mínimo, recomendado e ótimo. Dessa maneira, a partir da sobreposição desses parâmetros nas plantas, é possível visualizar se há uma adequação entre aos mobiliários e equipamentos propostos e os seus respectivos espaços de atividades, bem como identificar os pontos com maiores/menores conflitos, atestando-se ainda quais formatos favorecem a melhor distribuição do layout.

7.3.3 Analogias geométricas e relação entre os elementos da planta: profundidade e integração

Por elementos da planta, Klein (1980) entende todas as áreas que podem ser percebidas de forma unificada ao entrar em um determinado espaço, revelando a impressão geral que o usuário tem da habitação, seja de modo consciente ou não. Para a compreensão dessas relações adotou-se as ferramentas de análise da sintaxe espacial (Hillier e Hanson,1984), as quais nos permitiram identificar as relações entre homem e espaço construído por meio dos grafos de acesso. Os grafos constituem a representação gráfica das matrizes de um sistema de partes intercomunicantes, em nosso caso, os espaços internos das UHs. A planta-baixa é convertida em espaços convexos onde cada espaço é representado por um nódulo e as ligações entre eles por uma linha. A partir disso, determinam-se a distribuição e organização dos diferentes cômodos e setores, bem como diferentes variáveis analíticas, tais como: profundidade, profundidade média, integração entre outros.
A aplicação dessas variáveis permitiu descrever as relações de acessibilidade dos espaços da casa e sua estrutura topológica. A profundidade consiste da distância topológica percorrida entre diferentes nódulos cada mudança de espaço representa uma nova profundidade, sendo os espaços mais rasos ou mais profundos se estiverem mais ou menos próximos à origem, chamada de raiz. A profundidade média (*Mean Depth - MD*) do sistema é calculada pela média da profundidade de todos os espaços, considerando a raiz como ponto inicial. Os valores de integração ou Real Relative Assymetry (RRA) (Hillier e Hanson, 1984), por sua vez, medem o potencial de acessibilidade de um espaço em relação a todos os demais de um sistema[6]. Portanto, para nossa análise foram utilizados grafos enraizados no exterior das UHs, definindo-se a integração e profundidade dos ambientes, traçando-se, ainda, as inequações de integração da sala de estar, sala de jantar, cozinha e suíte do casal de cada UH a fim de estabelecer um comparativo entre elas[7].

8. RESULTADOS PARCIAIS

Considerando o recorte definido, foram escolhidos para o artigo um total de cinco empreendimentos, cada um de uma construtora diferente. Os edifícios foram nomeados em I, II, III, IV e V e suas plantas foram obtidas através dos sites ou de folders de divulgação das construtoras, em que se obtivesse o layout como projetado.

[6] Para obtenção dos grafos justificados e dos valores de profundidade, profundidade média e integração foi utilizado o programa JASS, desenvolvido pelo SAD – Spatial Analysis & Design, KTH School of Architecture, Stockholm. Segundo os cálculos do programa, os valores mais baixos de RRA indicam maior acessibilidade, ou menor assimetria relativa do sistema.

[7] As categorias dos grafos foram definidas de acordo a setorização do exame preliminar, sendo elas: dormitórios, estar, dependências secundárias – as quais foram subdivididas entre cozinha, circulação e demais dependências secundárias. Para o comparativo das integrações foram escolhidos os ambientes mais recorrentes nos estudos sobre o tema.

8.1 Exame preliminar

Através do preenchimento do questionário (Tabela 1), observa-se que na amostra estudada a área útil das residências, *Nutzeffekt*, corresponde a mais de 80% da área construída; as áreas habitáveis – dormitórios e estar, *Wohneffekt*, correspondem a aproximadamente 60% da área construída; já a média de área construída por cama, *Betteffekt*, está, em geral, abaixo dos 14m² por morador[8].

Tabela 1. Exame preliminar

Características básicas	Empreendimentos				
	I	II	III	IV	V
Área construída (m²)	58,19	54,50	55,50	53,10	54,10
Área útil (m²)	50,45	47,83	45,48	49,59	47,61
Nutzeffekt: área útil/área construída	**87%**	**88%**	**82%**	**93%**	**88%**
Wohneffekt: áreas habitáveis/área construída	**60%**	**59%**	**63%**	**61%**	**65%**
Betteffekt: área construída por cama	**14,55**	**13,63**	**13,88**	**13,28**	**13,53**

Fonte: elaboração própria, 2016

8.2 Método gráfico - Organização das áreas de passagem e caminhos

Considerando a distribuição do mobiliário, nota-se que as circulações (
Figura **1**) são claramente compreensíveis na planta e que na maioria dos casos, os acessos aos ambientes e as janelas, estão desimpedidos. Os principais conflitos foram identificados nas salas conjugadas e nas cozinhas conjugadas as áreas de serviços, onde os caminhos em alguns casos estão obstruídos por móveis ou equipamentos.

Figura 1. Áreas de passagem e caminhos



Fonte: elaboração própria, 2016

[8] O número de moradores foi considerado a partir do número de habitantes por cama, considerando-se dois habitantes por cama de casal e um por cama de solteiro. Como todos os casos possuem cama de casal e a maior parte deles possui duas camas de solteiro, para que os resultados de *Bettefekt* não ficassem discrepantes, todos os casos foram considerados com quatro moradores.

8.3 Método gráfico – Concentração das superfícies livres

Tratando-se das superfícies livres, os espaços para atividades no geral atendem aos parâmetros mínimos se forem vistas de forma isolada (Figura 2). Por exemplo, se observarmos apenas as camas de solteiro no contexto do quarto, perceberemos que a mesma atende ao nível mínimo em todas as plantas – com exceção da planta IV. Os cômodos onde foram identificados os maiores conflitos nos espaços de atividades foram as salas de estar e jantar, a cozinha e os banheiros. Nestes ambientes ou os espaços de atividades não possuem dimensões suficientes para seu funcionamento, seja na profundidade, na largura ou nos dois – como no caso de todas as mesas de jantar - ou os móveis possuem dimensões muito exíguas e formas muito específicas, como no caso dos móveis de TV da sala de estar.

Em relação à forma geométrica dos ambientes, predominam o formato em L e retangular. Nas áreas sociais, nas cozinhas conjugadas as áreas de serviços e nas suítes predominam o formato em L. Como neste formato, um dos lados tende a ser reduzido, notam-se áreas insuficientes para atividades nas áreas de serviços ou indicativos de restrição de acesso como nos casos das zonas de estar, onde a menor dimensão desemboca numa circulação que conduz a área íntima e das suítes, em que o L forma uma espécie de hall de entrada que além de intimidar o acesso, acaba por prejudicar o layout, já que este hall faz parte da área da suíte, a qual acaba reduzida para abrigar as atividades previstas. Por fim, nos quartos e banheiros predominaram os formatos retangulares ou que tendem a forma quadrada, para os quartos quanto mais próximo ao quadrado são piores os resultados para os espaços de atividades, enquanto que nos banheiros, o formato quadrado abriga melhor suas atividades. Para todos os cômodos nota-se que a existência de atividades simultâneas prejudica o funcionamento uma da outra.

Figura 2. Superfícies livres e espaço de atividades



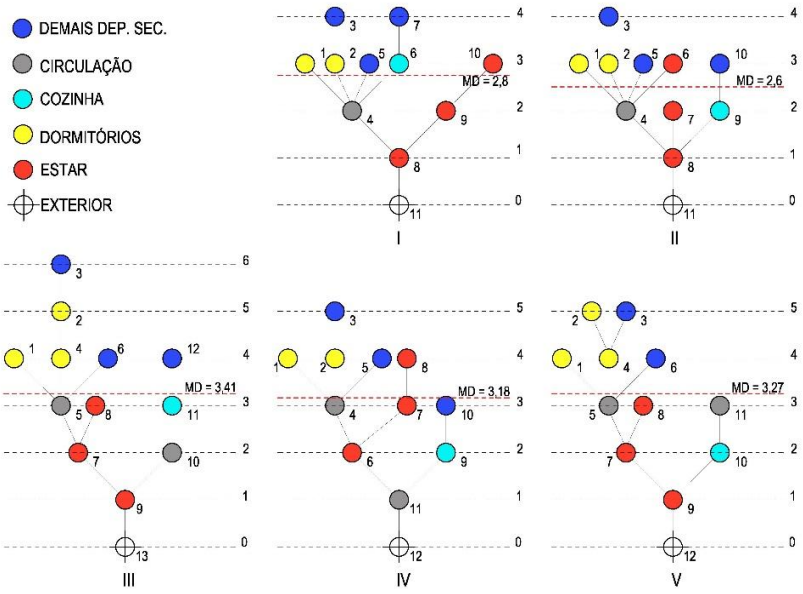
Fonte: elaboração própria, 2016.

8.4 Método gráfico - Analogias geométricas e relação entre os elementos da planta

Observando-se a estrutura organizadora das habitações nota-se que apesar de rasos, os grafos justificados (Figura 3) revelam um genótipo bastante marcante e repetitivo com uma clara divisão setorial do plano da habitação, em que o acesso a unidade se dá pela área social, a qual distribui a circulação da casa para os demais setores funcionando como um setor de transição entre o público e o privado. Os dormitórios, por sua vez, aparecem sempre nos níveis intermediários do grafo sem conexões diretas com os outros setores, posto que entre eles há sempre uma circulação. As dependências secundárias, com exceção da cozinha, constituem os espaços terminais das UHs.

No que tange a integração (Figura 3), a comparação entre os ambientes selecionados revela a centralidade da zona de estar em detrimento da cozinha e da suíte, já que em todos os casos, a sala de estar ou jantar corresponde ao espaço mais acessível do sistema, evidenciando o seu papel de chegada e transição do movimento do exterior para o interior da casa. Mostrando assim que, em geral, além de serem os espaços mais rasos, são também os mais integrados.

Figura 3. Grafos justificados



Fonte: elaboração própria, 2016 – a partir do programa JASS.

Tabela 2. Integração: inequação dos ambientes selecionados

Edificações estudadas	Inequação
I	Sala de estar>Cozinha=Suíte>Sala de jantar
II	Sala de jantar>Suíte>Cozinha>Sala de estar
III	Sala de estar>Sala de jantar>Suíte>Cozinha
IV	Sala de jantar>Sala de estar>Suíte>Cozinha
V	Sala de estar>Sala de jantar>Cozinha>Suíte

Fonte: elaboração própria, 2016.

5 CONCLUSÕES PRELIMINARES

A partir da amostra analisada percebe-se que se por um lado as circulações estão normalmente desimpedidas de obstáculos, por outro dividem lugar com os espaços destinados as atividades inerentes a cada mobiliário, visto que a superfície livre das plantas é compartilhada por ambos. Os mobiliários, por sua vez, estão considerados dentro de dimensões bastante exíguas e em grande quantidade, o que muitas vezes compromete as necessidades de uso dos mesmos. Logo, a menos que sejam feitos móveis planejados, as plantas analisadas utilizam dimensões de equipamentos que muitas vezes não são encontradas dentro do mercado varejista de móveis, dificultando, portanto, a adaptação do usuário ao layout proposto nas plantas de venda, confirmando os estudos de Boeuri Filho (2008). Em relação a estrutura organizadora das habitações, nota-se um padrão repetitivo com uma estrutura bastante rígido, setorizado e hierarquizado dentro dos moldes modernistas, com a família nuclear e divisão em setores funcionais das habitações como mote das relações a partir do exterior.

Conclui-se também que se por um lado o mercado imobiliário segue a organização setorizada das primeiras habitações mínimas, por outro tende a subverter o conceito do mínimo restringindo-o apenas ao dimensionamento dos ambientes. Ao propor ambientes que não abrigam adequadamente as atividades, que não possuem mobiliários dentro dos padrões do mercado varejista, ou ambientes que são bastante rígidos e hierarquizados, desconsiderando os novos padrões de famílias brasileiras, o mercado imobiliário relega aos consumidores, layouts nos quais a maioria dos compradores ou não poderá pagar para se ajustar a eles, ou será ludibriado pelas plantas de vendas.

A casa própria continua sendo um dos principais sonhos das famílias brasileiras. Logo, projetar espaços e condicioná-los a adoção de móveis planejados, é fechar os olhos para a realidade econômica de boa parte dessas famílias, que não poderão arcar com custos de móveis sob medida - como propõe boa parte das plantas analisadas. Por isso, acreditamos que para se obter um dimensionamento mínimo faz-se necessário projetar a partir de dimensões de ambientes satisfatórias tanto para os espaços de atividades, quanto para os mobiliários. A qualidade do espaço construído das habitações influencia diretamente nas dinâmicas sociais da casa e na forma como esses indivíduos se relacionam, não só no ambiente familiar, mas, principalmente, na sociedade como um todo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUERI FILHO, José Jorge. Projeto e dimensionamento dos espaços da habitação: espaço de atividades. São Paulo: Estação das letras e cores, 2008. 48p.

HANSON, Julienne. Decoding homes and houses. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 328p.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. The social logic of space. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 281p.

KLEIN, Alexander. Vivienda mínima: 1906-1957. Barcelona: Gustavo Gili, 1980. 363p.

NATAL. Decreto n° 8.688, de 06 de abril de 2009. Define regras para alteração de classificação de uso dos projetos de edificação do tipo Hotel-Residência ou similar para o uso residencial e dá outras providências. Disponível em:

http://www.natal.rn.gov.br/_anexos/publicacao/legislacao/decreto_8688.pdf. Acesso em: 20 jun. 2016.

NATAL. Lei complementar nº 055, de 27 de janeiro de 2004. Institui o Código de Obras e Edificações do Município de Natal e dá outras providências. Disponível em: https://www.natal.rn.gov.br/.../9_Codigo_de_Obras_2004_ (Vigente).pdf. Acesso em: 20 jun. 2016.

QUEIROZ, L. A. P. C. Incorporações Imobiliárias: Ciclos, Financeirização e Dinâmica Espacial em Natal/RN. Recife, 270p., 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco.

148. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES: ENSAIO DE INTEROPERABILIDADE E SIMULAÇÕES DE ENVOLTÓRIAS

SARTORI, Thais G.[1](thaisgsartori@gmail.com); SANTOS, Karine de P. B.[2] (eng_karine@yahoo.com.br); CALMON, João Luiz[3](calmonbarcelona@gmail.com)*
[1] Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
[2] Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
[3] Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O impacto ambiental proveniente das edificações tem grande potencial de redução a partir de decisões que vão desde a correta escolha dos materiais construtivos compatíveis com as condições climáticas locais até a implementação de tecnologias de geração de energia renovável. É nesse âmbito que a construção civil busca ferramentas capazes de estimar os impactos que cada decisão projetual provoca no meio ambiente, sobretudo na fase operacional, integrando a redução do consumo energético ao conforto do usuário. O objetivo deste artigo é (a) investigar as limitações e potencialidades da interoperabilidade entre um *software* de modelagem BIM e um *software* de simulação energética, e (b) comparar o desempenho térmico de uma residência unifamiliar com diferentes combinações de materiais de envoltória e métodos construtivos. Por este motivo, foi realizada a modelagem da edificação no *software* Revit desenvolvido pela Autodesk e, a partir da ferramenta BIM (*Building Information Modeling*), as informações da modelagem foram integradas ao *software* EnergyPlus de simulação energética. Houve uma perda gradual de informação durante o processo de integração entre os *softwares*, impossibilitando a simulação através da plataforma BIM. Em função dessa limitação, os dados referentes às propriedades dos materiais foram inseridos manualmente no programa EnergyPlus e a geometria na edificação modelada no SketchUp, através do plug-in OpenStudio. Quanto ao resultado das simulações, os diferentes materiais e métodos construtivos simulados tiveram desempenho similar. Entretanto, o que mais impactou no desempenho térmico da edificação foi a cor da superfície da envoltória.
Palavras-chave: Eficiência energética, BIM, simulação

ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS: TEST OF INTEROPERABILITY AND ENVELOPE SIMULATIONS

ABSTRACT
An appropriate decision making for the selection of construction materials, compatible with the site's climatic conditions and renewable energy systems, can reduce the environmental impacts of the buildings. In this context, the architecture, engineering and construction (AEC) industry searches for tools to estimate the impacts of design decisions on the environment during the building's life cycle, especially on the operational phases. These aspects must be analyzed to integrate a low energy building consumption with users' thermal comfort conditions. This article aims at (a) investigating the limitations and potentials of interoperability between a BIM modeling software and an energy simulation software, and (b) at comparing the thermal performance of a single-family house with different combinations of building materials and construction methods. The building was modeled in Revit software developed by Autodesk. Through BIM (Building Information Modeling) tool, the information within the model was transferred to the energy simulation EnergyPlus software. There was a gradual loss of information during this process, making it impossible to simulate through the

BIM platform. Due to this limitation, the data related to material properties were entered manually in the EnergyPlus program and the building's geometry modeled in SketchUp via OpenStudio plug-in. The results showed that different building materials had a similar performance. However, the envelope's color had a significant impact on the building thermal performance.
Keywords: Energy efficiency, BIM, simulation

1. INTRODUÇÃO

As edificações participam das constantes mudanças climáticas ao contribuírem em considerável proporção com a emissão de gases do efeito estufa no meio ambiente. Uma das formas de analisar os impactos ambientais das edificações é através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Segundo a NBR ISO 14040, o objetivo principal da ACV é estudar "os aspectos ambientais e os impactos potenciais [...] ao longo de todo o ciclo de vida de um produto desde a aquisição da matéria-prima, produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem e até disposição final [...]" (ABNT, 2014, p. VI). Em muitos estudos de ACV em edificações, os impactos ambientais estão pautados no consumo energético, seja ele medido por fatores indiretos, a partir da produção dos materiais que compõem a edificação, ou de forma direta, calculados no período de uso, operação e manutenção. (CABEZA et al., 2014).

No Brasil, o consumo energético em edificações durante a fase operacional segue a tendência mundial, participando de aproximadamente 42% da parcela correspondente à todo o consumo de energia elétrica (EPE, 2015). A maior parte da energia elétrica nas edificações comerciais e públicas é consumida por aparelhos condicionadores de ar. O consumo desses aparelhos é menos representativo nas residências porque a posse dos mesmos ainda é baixa nesse setor (ELETROBRAS, 2009). Esses dados comprovam que a eficiência energética das edificações depende da quantidade de carga de aquecimento ou resfriamento requerida. Uma das formas de diminuir essa demanda é através da adoção de soluções passivas, dentre elas, a escolha dos materiais construtivos da envoltória compatíveis com o clima da região.

Diversos estudos apontam a influência dos materiais da envoltória (tais como paredes externas, coberturas e janelas) no consumo de energia da edificação, e em muitos casos, os materiais estudados se assemelham em tecnologia e custo (SADINENI; MADALA; BOEHM, 2011). Isso indica que um dos desafios encontra-se na carência de análises de desempenho na fase de projeto, capazes de simular o comportamento dos materiais e soluções construtivas especificados para as condições climáticas aos quais a edificação será submetida.

A complexidade observada nas edificações demanda uma quantidade maior de documentação, detalhamento e especificação dos projetos, elevada coordenação de sistemas, gerenciamento de serviços adicionais e instalações, além de maior conhecimento para a equipe responsável pela manutenção da edificação (KRYGIEL; NIES, 2008). Para evitar o desempenho inadequado e melhorar a qualidade de todo o processo construtivo, encontra-se em desenvolvimento um dos principais avanços na indústria da construção: a plataforma BIM (*Building Information Modeling*), traduzido como Modelagem de Informação da Construção.

O BIM proporciona a análise e a modelagem de todo o ciclo de vida da edificação, com objetivo de dar suporte às diferentes fases do processo construtivo, tais como a fabricação, fornecimento de insumos (EASTMAN et al., 2014), construção, manutenção (KRYGIEL; NIES, 2008) e até mesmo para restauração, fim de vida útil e demolição de estruturas (VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014). Também é possível utilizar essa ferramenta como suporte à análise de desempenho energético da edificação durante a fase operacional, possibilitando a troca de informação entre os softwares de modelagem e de desempenho energético. A qualidade dos dados transferidos de um

software para outro depende de 04 variáveis (GSA, 2015): qualidade da modelagem, qualidade da ferramenta BIM utilizada na exportação, habilidade dos programas em organizar as informações e a qualidade do tradutor/importador da ferramenta de análise. Uma deficiência em qualquer uma dessas variáveis pode resultar em erros de interoperabilidade.

2. OBJETIVO

O objetivo do artigo é investigar possíveis limitações e potencialidades da interoperabilidade entre o *software* Revit de modelagem e o *software* EnergyPlus de simulação energética, através da plataforma BIM. O artigo também compara o desempenho térmico de uma residência unifamiliar a partir da combinação de diferentes tipos de materiais de envoltória (parede e cobertura) e métodos construtivos, utilizando o EnergyPlus como ferramenta de cálculo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 *Softwares* utilizados

Segue uma breve descrição dos *softwares* utilizados na pesquisa, bem como suas principais características e funcionalidades.

REVIT 2017 versão educacional (AUTODESK, 2016b) – *Software* de modelagem BIM desenvolvido pela Autodesk. Possui características intrínsecas ao BIM, como a parametrização dos elementos e a possibilidade de interagir com outras plataformas. A Autodesk vem integrando diversas ferramentas no próprio programa de modelagem, e disponibilizando-as via web.

GREEN BUILDING STUDIO – GBS (AUTODESK, 2016a) – Ferramenta BIM de análise energética desenvolvida pela Autodesk que disponibiliza os resultados das simulações via web, através do serviço de nuvem. GBS utiliza o mecanismo de cálculo DOE-2.2 e possibilita a exportação para formato compatível com Energyplus (*Input Data Format* – IDF) (AIA, 2012). Apesar de proporcionar a visualização gráfica de forma rápida e intuitiva, o programa não permite a manipulação detalhada dos componentes de projeto, o que pode ser um limitador quando pretende-se apurar com maior exatidão os resultados obtidos (AIA, 2012).

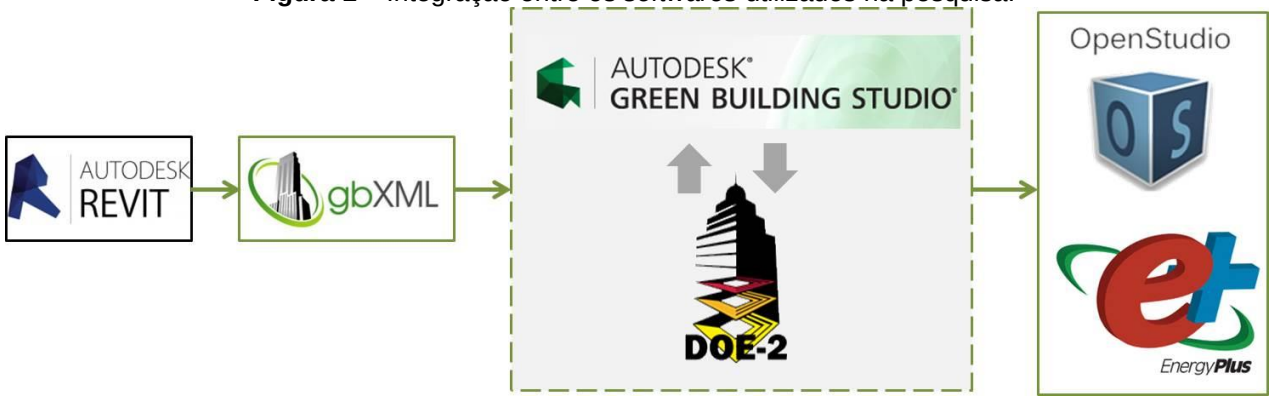
ENERGYPLUS versão 8.4.0 (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2016) – Ferramenta de cálculo de consumo energético em edificação, criada pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos. É recomendado pela NBR 15.575 – 4 (ABNT, 2013) para simulação de edificações caso a avaliação simplificada não seja suficiente para atender aos requisitos mínimos de desempenho térmico. Uma das limitações para utilização desse programa é a falta de interface gráfica capaz de demonstrar de forma mais fácil todas as suas funcionalidades (AIA, 2012). Alguns *softwares* foram desenvolvidos para suprir essa demanda, tais como DesignBuilder e OpenStudio.

OPENSTUDIO versão 1.0.14 (NREL, 2016) – Interface gráfica que facilita o acesso aos programas de simulação, dentre eles o EnergyPlus (AIA, 2012). O OpenStudio desenvolveu um *plug-in* para SketchUp que possibilita utilizar suas ferramentas de modelagem a fim de facilitar a visualização espacial da edificação a ser simulada. Apesar de ser uma ferramenta gratuita e de fácil utilização, o OpenStudio acessa apenas as ferramentas mais básicas do EnergyPlus. Para componentes mais específicos ou simulações mais detalhadas, o projetista deve recorrer ao próprio EnergyPlus (AIA, 2012).

3.2 Fluxo de informação no BIM

A figura 1 mostra a integração entre os *softwares* utilizados bem como as etapas seguidas para realização da simulação energética.

Figura 1 – Integração entre os *softwares* utilizados na pesquisa.



Fonte: elaborada pelos autores

A edificação escolhida para o estudo é uma residência unifamiliar térrea nos padrões construtivos típicos dos programas sociais de habitação, elaborada para a Companhia de Habitação do estado de Minas Gerais (COHAB-MG, 2016). Toda a edificação foi modelada no Revit, conforme as especificações de projeto, com área construída de 40,79m², composta por dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço externa. Os materiais construtivos da envoltória adotados, os métodos construtivos, bem como suas combinações para fins de simulação podem ser observados na tabela 1. O local onde será analisado o desempenho térmico da edificação é o município de Vitória (ES), que, de acordo com o zoneamento bioclimático brasileiro estabelecido pela NBR 15.220 - 3 (ABNT, 2005b), está localizada na zona 8. Tal zona bioclimática é caracterizada pelo clima quente e úmido.

Tabela 1. Materiais e Sistemas construtivos utilizados para simulação.

Paredes	Tipo de telha	Forro/Laje	Código
Alvenaria Cerâmica	Cerâmica	PVC	A01
		Laje pré-moldada	A02
	Fibrocimento	PVC	A03
		Laje pré-moldada	A04
Parede de Concreto Armado	Cerâmica	PVC	C01
		Laje pré-moldada	C02
	Fibrocimento	PVC	C03
		Laje pré-moldada	C04

Após a modelagem da edificação no Revit, a mesma foi exportada para o formato gbXML, para possibilitar a interoperabilidade entre os *softwares*. O modelo energético gerado é mais simples que o modelo principal e tal simplificação pode causar erros. De maneira geral, quanto maior o nível de detalhamento da modelagem arquitetônica, maior é o esforço em limitar a quantidade de informação a ser levada ao modelo energético e, portanto, maior é o risco de erros (GSA, 2015).
Os resultados obtidos pelo Green Building Studio (GBS) foram exportados para o formato IDF (*Input Data Format)*, compatível com o EnergyPlus, para que fosse possível simular o impacto dos diferentes materiais de envoltória na temperatura interna das zonas. Uma zona térmica é formada por um espaço ou um conjunto de espaços que possui requisitos de condicionamento de ar semelhantes (GSA, 2015). Através do OpenStudio foi possível visualizar a geometria da edificação após a exportação. No EnergyPlus foi utilizado o arquivo climático da cidade de Vitória

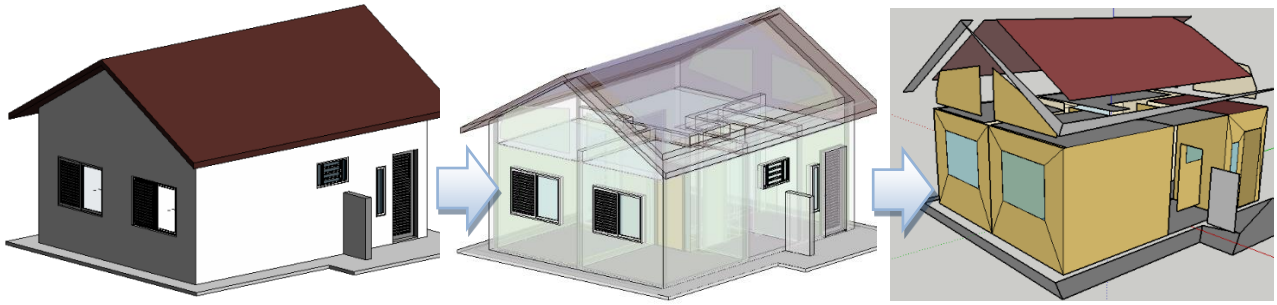
disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Integração entre os *softwares*

A figura 2 mostra o resultado da transferência de informação entre os *softwares*: (2a) Revit, (2b) GBS e (2c) OpenStudio.

Figura 2 – Resultado da transferência de informação entre os *softwares*



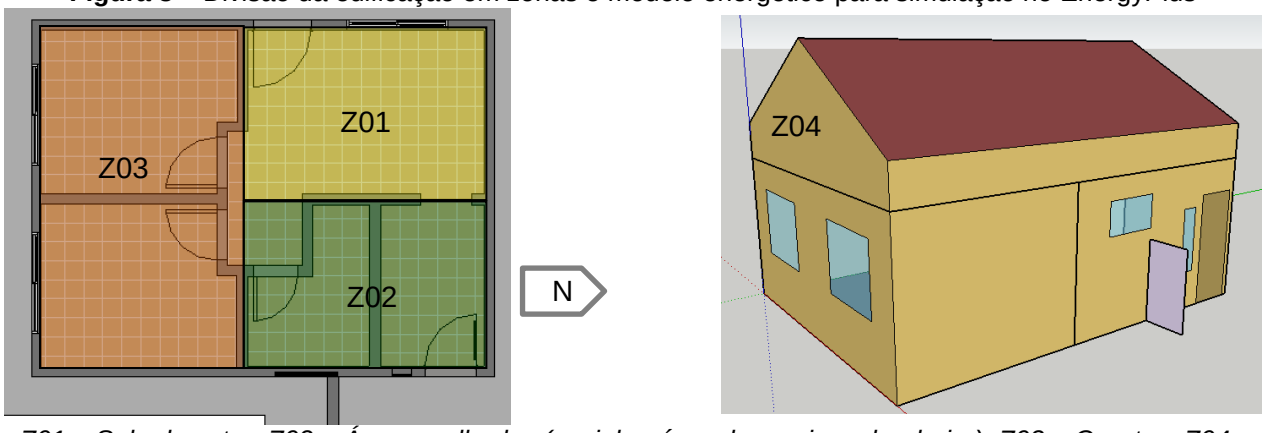
(2a) (2b) (2c)

(2a)Modelo elaborado no Revit; (2b)Modelo energético no GBS após a importação do Revit; (2c)Modelo energético no OpenStudio após importação do GBS

Nota-se que houve uma perda gradual de informação. O modelo final para simulação (2c) estava com as alvenarias fragmentadas e, portanto, sem delimitação das zonas térmicas. Alguns elementos da edificação estavam ausentes ou deslocados, o que gerou erros graves ao realizar a simulação no EnergyPlus.

O Guia BIM, desenvolvido pela Administração de serviços gerais dos Estados Unidos, aconselha que, para simulação energética, adote-se dois modelos distintos, um voltado para a representação arquitetônica e outro mais simples, voltado para modelagem energética (GSA, 2015). Isso se dá porque a representação para fins arquitetônicos exige maior complexidade e informações distintas dos modelos utilizados para simulação de desempenho energético.

Figura 3 – Divisão da edificação em zonas e modelo energético para simulação no EnergyPlus



Z01 – Sala de estar; Z02 – Áreas molhadas (cozinha, área de serviço e banheiro); Z03 – Quartos; Z04 - Plenum

No caso da edificação objeto desse estudo, os erros de transferência foram tão significativos que a mitigação das possíveis causas ou até mesmo a elaboração dos ajustes no modelo energético final ficaram inviáveis. Dessa forma, optou-se por refazer a modelagem energética utilizando as ferramentas do OpenStudio (figura 3) e incluindo dados das propriedades térmicas dos materiais manualmente no EnergyPlus (tabela 2). Optou-se por dividir a edificação em quatro zonas, três correspondentes aos cômodos da residência e uma correspondente à massa de ar entre o telhado e o forro (chamada de *plenum*), como mostra a figura 3.

Tabela 2 – Propriedades térmicas dos materiais utilizados

MATERIAL	ESP. (cm)	COND. TÉRMICA* (W/m.K)	DENSIDADE* (Kg/m³)	CALOR ESP.* (J/Kg.K)	ABSOR-TÂNCIA	TRANSMI-TÂNCIA (W/m².K)**
Parede de concreto armado	10,00	1,75	2400	1000	0,2	-
Reboco	2,50	1,15	2000	1000	0,2	-
Tijolo cerâmico	9,00	0,90	1600	920	-	-
Telha cerâmica	1,00	1,05	2000	1000	0,8	-
Telha fibrocimento	0,70	0,95	1900	840	0,3	-
Forro PVC	1,00	0,20	1300	960	-	-
Laje pré-moldada		-	-	-	-	2,29

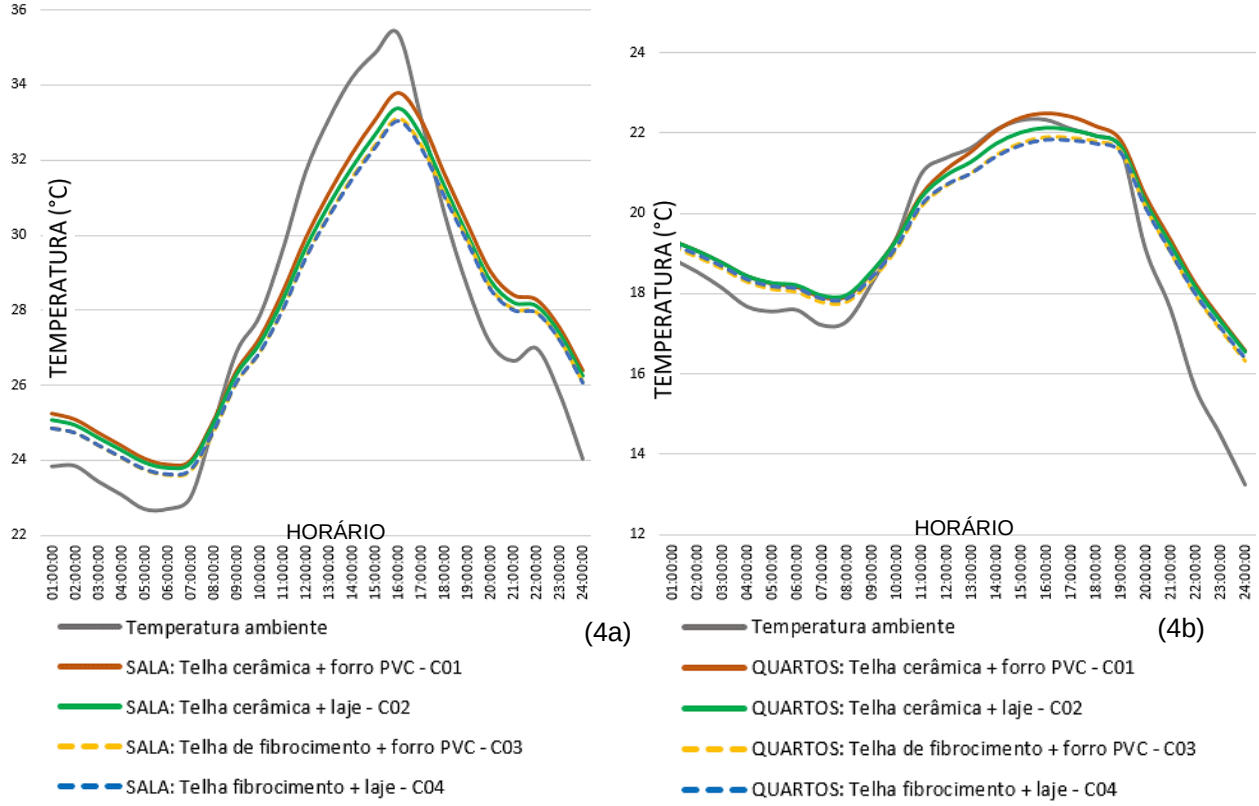
*Notas: Para todos os materiais considerou-se valor de emissividade de 0,90. *Adaptado da NBR 15.220 – 2 (ABNT, 2005a). **LABEEE, 2011*

4.2 Resultado das simulações

Foram feitas 08 simulações, considerando as combinações de coberturas, forros e paredes, a saber: A01, A02, A03 e A04 para as alvenarias cerâmicas e C01, C02, C03 e C04 para as paredes de concreto armado (ver tabela 1). Optou-se por analisar as duas zonas ocupadas mais críticas do ponto de vista térmico, conforme recomendação da NBR 15.575 – 4 (ABNT, 2013). Dessa forma, analisou-se a zona 01 (sala) para o verão, quando uma janela está voltada para oeste e a outra parede para o norte, e zona 03 (quartos) para o inverno, quando as janelas estão voltadas para o sul e a outra parede para o leste. Optou-se também por simular o desempenho dos dias com

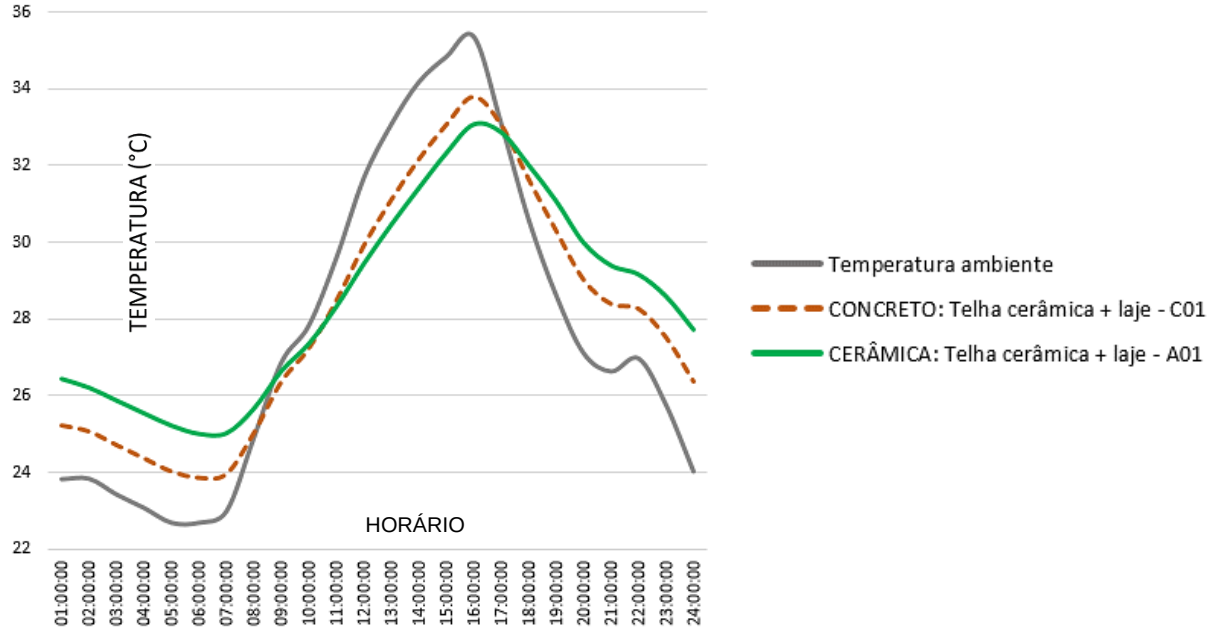
temperaturas mais extremas do ano, que, de acordo com o arquivo climático (LABEEE, 2016), referem-se aos dias 03 de janeiro (dia mais quente) e 29 de julho (dia mais frio).
A figura 4 refere-se aos resultados obtidos para a parede de concreto armado. A alvenaria cerâmica obteve comportamento semelhante. As simulações com telha de fibrocimento obtiveram melhores resultados, tanto no verão quanto no inverno, apresentando as menores temperaturas internas. A simulação que apresentou as maiores temperaturas internas e maiores amplitudes térmicas durante o dia, tanto para o verão quanto para o inverno, foi a C01 e A01 (telha cerâmica com forro de PVC). Por outro lado, as simulações C03 e A03 (telha de fibrocimento com forro de PVC) apresentaram as menores temperaturas para ambas estações do ano. No caso da figura 4a, enquanto a temperatura máxima externa do dia de verão foi de 35,4ºC às 16:00hrs, a temperatura interna nesse mesmo horário para a C01 foi de 33,8ºC (diferença de 1,6ºC) e 33ºC para C03 (diferença de 2,4ºC).

Figura 4–Temperatura interna das zonas variando-se os materiais de cobertura e forro



Nota: Os gráficos referem-se à edificação com parede de concreto armado. (4a) dia de verão para a zona 01 – sala; (4b) dia de inverno para a zona 03 - quartos

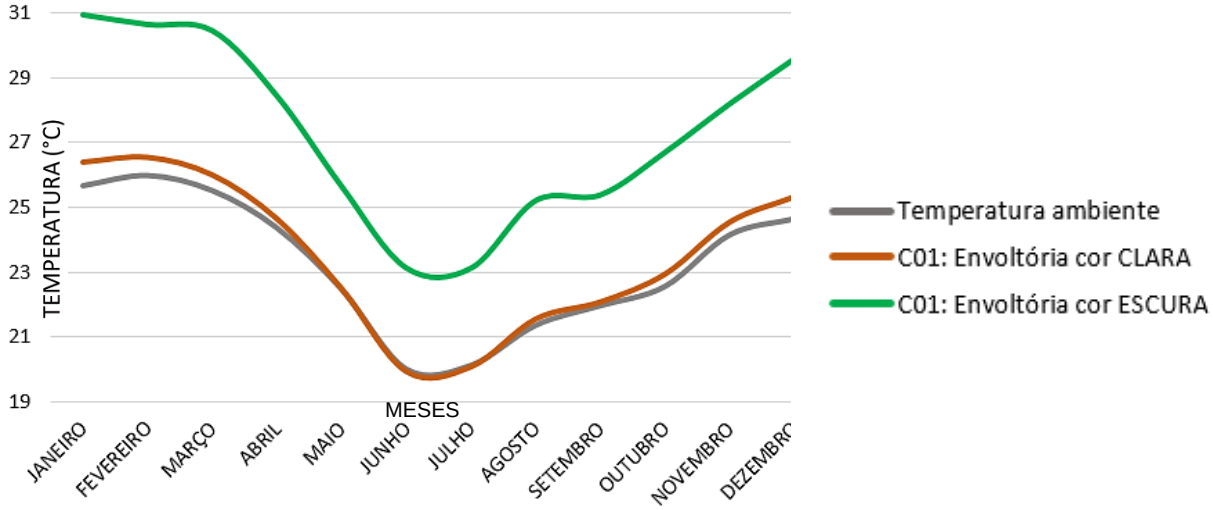
Figura 5 – Temperaturas internas para a alvenaria cerâmica e parede de concreto



A figura 5 compara o comportamento das temperaturas internas num dia de verão variando-se apenas o material da parede. Para tal simulação, optou-se pela edificação que obteve o pior desempenho térmico, ou seja, a A01 e a C01. Observa-se que a parede de concreto alcança amplitude térmica maior. As diferenças entre as temperaturas máximas e mínimas para a alvenaria cerâmica (A01) e parede de concreto (C01) foi de 8ºC e 10ºC respectivamente. Quanto às temperaturas máximas, às 16:00hrs, quando a temperatura externa atinge seu auge, a temperatura interna para A01 e C01 é de 33,0ºC e 33,8ºC respectivamente.

Simulou-se também a envoltória com cores claras e escuras, considerando os valores de absortância solar de 0,20 e 0,80 respectivamente, tanto para cobertura quanto para as paredes. A edificação considerada é a de parede de concreto e cobertura de telha cerâmica e forro de PVC (C01). Tal simulação, diferente das anteriores, considerou a temperatura média de todas as quatro zonas por um período de um ano. O resultado, expresso na figura 6, mostra que houve significativa diferença entre as temperaturas médias mensais, sendo que a parede de cor clara apresenta melhor desempenho. O mês de janeiro foi o que apresentou maior diferença. Enquanto a média de temperatura externa foi de 25,6ºC, a média de temperatura interna das zonas para envoltória clara e escura foi de 26,4ºC e 31,0ºC respectivamente, uma diferença de 17,4%.

Figura 6 – Temperaturas médias mensais considerando diferentes cores da envoltória



5. CONCLUSÃO

No artigo realizou-se um ensaio de interoperabilidade entre os *softwares* de modelagem Revit e o de cálculo de análise energética em edificações EnergyPlus, com o objetivo de verificar possíveis limitações e potencialidades. Houve significativa perda de informação entre os *softwares*. O modelo gerado para simulação no EnergyPlus estava com elementos ausentes ou deslocados. Os ajustes necessários à modelagem resultado dessa troca de dados inviabilizaram a utilização dessa plataforma para fins de simulação energética. O BIM trouxe avanços significativos para as práticas projetuais, sobretudo na troca de informação entre os diversos agentes envolvidos no processo de projeto. Entretanto, as limitações em torno da interoperabilidade verificadas nesse estudo têm grande potencial exploratório em pesquisas futuras, considerando o crescente desenvolvimento dessas ferramentas.

O artigo também propôs fazer simulações de desempenho energético variando os materiais de envoltória da edificação, e, considerando a impossibilidade da utilização da plataforma BIM, utilizou-se o *software* EnergyPlus. Dentre os diferentes materiais de cobertura, a telha de fibrocimento mostrou melhores resultados, quando comparada com a telha cerâmica. No caso das paredes, a alvenaria cerâmica proporcionou temperatura interna com menor amplitude térmica durante o dia, ao contrário da parede de concreto, que alcançou temperaturas mínimas internas menores e temperaturas máximas maiores. Nas simulações variando-se a cor da envoltória, verificou-se significativa influência da mesma na temperatura interna dos ambientes. De acordo com os resultados obtidos, cores escuras podem aumentar em até 17% a temperatura média mensal do ambiente interno da edificação, quando comparada às temperaturas internas da edificação com envoltória de cor clara. A simulação dos materiais da envoltória através de softwares de desempenho apresenta também uma abordagem social, na medida em que a especificação técnica de materiais e métodos construtivos impacta de forma efetiva o conforto térmico do usuário, conforme demonstrado nesse artigo.

Verifica-se através das simulações: (a) um significativo esforço de pesquisa tem que ser realizado para viabilizar o interface entre REVIT e EnergyPlus e outros softwares de avaliação de eficiência energética, e (b) a importância da escolha dos materiais de envoltória na promoção do conforto térmico do usuário.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009. Versão Corrigida:2014.

_____. NBR 15575 – 4: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15220: Desempenho térmico de edificação – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a

_____. NBR 15220: Desempenho térmico de edificação – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b

AUTODESK. Green Building Studio Cloud-based energy simulation. Disponível em:<https://gbs.autodesk.com/GBS>. Acesso em jun. 2016a.

_____. Revit software for BIM (Building Information Modeling). Disponível em:<http://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>. Acesso em jun. 2016b.

COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (COHAB-MG). Plantas dos projetos arquitetônico, hidrossanitário e elétrico do padrão habitacional MG-90-I-2-4. Disponível em:< http://www.cohab.mg.gov.br/mutuarios/plantas>. Acesso em jun. 2016.

CABEZA, L. F. et al. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. Renewable And Sustainable Energy Reviews. V. 29, p.394-416, jan. 2014.

EASTMAN, C. et al. Manual de Bim - Um Guia de Modelagem da Informação da Construção. New Jersey: Bookman, 2014. 503 p.

ELETROBRAS. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: Relatório Brasil - Sumário Executivo. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2009. 187 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL) - EPE. Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2015. 292 p.

GENERAL SERVICE ADMINISTRATION (GSA). BIM Guide 05: Energy Performance. Washington, DC. 2015. Disponível em:<http://www.gsa.gov/portal/content/105075>. Acesso em: 13 nov. 2016.

KRYGIEL, E.; NIES, B. Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. Indianapolis: Wiley Publishing Inc., 2008. 266 p.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEE. Arquivos climáticos em formato TRY, SWERA, CSV e BIN. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>. Acesso em: 2 ago. 2016.

_____. Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas – Florianópolis: UFSC, 2011. 14p.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY (NREL). OpenStudio. U. S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Disponível em: <https://www.openstudio.net/>. Acesso em: 1 jun. 2016.

SADINENI, S. B.; MADALA, S.; BOEHM, R. F. Passive building energy savings: A review of building envelope components. Renewable And Sustainable Energy Reviews. V. 15, n. 8, p.3617-3631, 2011.

THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS – AIA. An Architect's Guide to Integrating Energy Modeling in the Design Process. 2012. Disponível em: <http://www.aia.org/practicing/AIAB094452>. Acesso em: 10 nov. 2016.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. EnergyPlus Energy Simulation Software. U. S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. 2016. Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>. Acesso em: jun. 2016.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F.; Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. Automation in Construction. V. 38, p. 109–127, 2014.

214. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: SISTEMAS PARA CONTROLE DA VENTILAÇÃO NATURAL – LIMITES E POSSIBILIDADES RELATIVOS AO CONFORTO TÉRMICO

SCHIMANIAK, Naiara K.[1](naiaraschimaniak@yahoo.com.br); Garlet, Liége[1] (liegeg9@gmail.com); SANTOS, Joaquim C.P. [1](joaquimpizzutti@hotmail.com) Vaghetti*, Marcos A.O. [1] (marcos.vaghetti@ufsm.br)

[1]UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (UFSM), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

Mecanismos de controle passivo de temperatura são preferíveis aos ativos, ou seja, o uso da ventilação natural é do ponto de vista da eficiência energética e salubridade, melhor alternativa que o uso de sistemas de condicionamento de ar artificial. Porém, algumas vezes, condições climáticas adversas inviabilizam o uso destes mecanismos. Avanços tecnológicos constantes permitem novas formas de controle das condições ambientais, admitindo um crescente uso dos sistemas de automação. Em virtude disso, este trabalho tem enfoque em sistemas de automação residencial que permitam o uso da ventilação natural no controle da temperatura interna de uma edificação residencial, facilitando a utilização de estratégias mais eficientes frente ao complexo clima brasileiro, com o objetivo de avaliar um sistema de automação residencial para acionamento da abertura de esquadrias na otimização do uso da ventilação natural, enquadrando a edificação dentro da zona de conforto, através do melhor cenário, que possa futuramente compor um sistema independente da ação humana, automatizando as aberturas. A metodologia consiste em simular através do software EnergyPlus, a eficiência de um sistema automatizado, em uma casa popular implantada na cidade de Santa Maria/RS, ZB 2, para controle da ventilação natural, comparando o resultado das simulações de um total de 6 cenários de utilização da ventilação natural para climatização. Observou-se que na situação de inverno, obtiveram-se melhores resultados quando as esquadrias encontram-se fechadas o dia todo, ou automatizadas por controle de temperatura e, no verão, quando estas estão abertas o dia todo ou controladas por temperatura. O controle por temperatura obteve resultados positivos do ponto de vista do conforto térmico, embora não se tenha considerado outros fatores determinantes para a abertura, como a radiação e umidade relativa.

Palavras-chave: Conforto Térmico; Automação Residencial; Simulação Termoenergética; Ventilação Natural.

RESIDENTIAL AUTOMATION: SYSTEMS FOR CONTROL OF NATURAL VENTILATION - LIMITS AND POSSIBILITIES RELATED TO THERMAL COMFORT

ABSTRACT

Passive temperature control mechanisms are preferable to the active, ie the use of natural ventilation is from the point of view of energy efficiency and health, a better alternative than the use of artificial air conditioning systems. However, sometimes adverse weather conditions make the use of these mechanisms unfeasible. Constant technological advances allow new ways of controlling environmental conditions, admitting a growing use of automation systems. As a result, this work focuses on residential automation systems that allow the use of natural ventilation to control the

internal temperature of a residential building, facilitating the use of more efficient strategies against the complex Brazilian climate, in order to evaluate a system Of residential automation to drive the opening of frames in the optimization of the use of natural ventilation, framing the building within the comfort zone, through the best scenario, which may in the future make up a system independent of human action, automating the openings. The methodology consists of simulating through EnergyPlus software the efficiency of an automated system, in a popular house located in the city of Santa Maria / RS, ZB 2, to control the natural ventilation, comparing the results of the simulations of a total of 6 scenarios of Use of natural ventilation for air conditioning. It was observed that in the winter situation, better results were obtained when the frames were closed all day, or automated by temperature control, and in the summer, when they were open all day or temperature controlled. The temperature control obtained positive results from the point of view of thermal comfort, although other factors determining the opening, such as radiation and relative humidity, were not considered.
Keywords: Thermal Comfort; Residential Automation; Thermoenergetic Simulation; Natural Ventilation.

1. INTRODUÇÃO

O controle das variáveis que influenciam na sensação de conforto térmico percebida pelos ocupantes de uma edificação é de fundamental importância, uma vez que o conjunto delas e a maneira como interagem com as edificações afetam substancialmente o bem estar dos indivíduos em suas atividades de lazer e descanso.

Nos últimos anos diversas pesquisas investigaram a maneira como o usuário interfere no controle das características ambientais existentes no interior ou exterior da edificação, as quais compreendem sistemas de ventilação, iluminação, controle da abertura das janelas, e o impacto destas ações na eficiência energética e desempenho térmico de uma edificação (NICOL, 2001; HERKEL *et al*, 2008; YUN E STEEMERS, 2008) e mais recentemente (SORGATO, 2015).

Sorgato (2015) identificou que o desempenho termoenergético de uma edificação projetada para baixo consumo, pode ser influenciado pelo comportamento dos usuários, resultando em consumos de energia superiores a edificações em que não foram pensadas na eficiência energética, sugerindo o uso da automação, com controle e gerenciamento dos sistemas da edificação, como recurso para minimizar os efeitos da interferência do usuário nesses sistemas.

Por sua vez, este estudo busca demonstrar que a automação do controle das variáveis ambientais e climáticas, em conjunto com o gerenciamento dos sistemas de climatização que compõe uma edificação, bem como a integração dos mesmos podem impactar na melhoria das temperaturas internas de uma edificação residencial, além dos já comprovados ganhos em desempenho térmico e eficiência energética.

A automação pode ser um meio viável de alcançar as expectativas de conforto térmico e eficiência energética, uma vez que uma de suas premissas é a otimização do uso das instalações prediais através de sistemas de controle e gerenciamento. Ela contempla o conceito de edifício inteligente que em linhas gerais utilizam-se de seus benefícios como mecanismos para ampliar a capacidade humana de adaptar-se ao ambiente natural, ou de modifica-lo (ROCKENBACH, 2004, p. 29).

A tecnologia atual permite a utilização de sistemas de reconhecimento de contexto, os quais são dispositivos que atuam não somente de acordo com a resposta de sensores, mas também, analisam o contexto da situação, adaptando seu comportamento automaticamente de acordo com as condições físicas, trabalhando de forma análoga ao cérebro humano.

Esse contexto pode ser baseado em variáveis como data e hora, temperatura, umidade e recursos de infraestrutura, ou então, a partir de uma determinada situação, considerando interesses,

atividades ou preferências do usuário. Esses instrumentos que operam de forma análoga ao cérebro humano, sobre informações, elaborando-as e transformando-as, é a maior conquista da ciência recente (PORTOGHESI, 1985 *apud* ROCKENBACH, 2004).
Rockenbach (2004) explica que, funcionando de maneira análoga ao cérebro, os sensores instalados em uma edificação são como nossas terminações nervosas, percebendo diversos estímulos, entre eles, calor, fumaça, umidade e enviariam está mensagem a central de controle e supervisão, “o cérebro”, que por sua vez faria a decodificação da mensagem e tomaria as ações adequadas, assim as diversas tarefas deixam de acontecer em etapas sucessivas para acontecerem de maneira integrada.
Este aspecto das possibilidades de controle, gerenciamento e integração dos sistemas de climatização, sejam eles ativos ou passivos é relevante, sobretudo em climas complexos como é o caso do Brasil, onde a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) estabelece 8 zonas bioclimáticas, apontando recomendações para adequação das edificações aos diferentes aspectos apresentados em cada uma delas.
Na Zona Bioclimática 2, utilizada para este estudo, a principal recomendação como estratégia passiva para o verão é a ventilação cruzada e para o inverno admitir a entrada da radiação permitindo o aquecimento dos ambientes, uma vez que é uma variável climática que mais influência nos ganhos de calor em uma edificação. Deste modo torna-se relevante investigar novas formas e possibilidades de controle tanto da ventilação, quanto da radiação solar como meios para atingir temperaturas adequadas nos ambientes residenciais, com isso atingindo melhores condições de habitabilidade. Em virtude disso, este trabalho tem enfoque em sistemas de automação residencial que permitam o uso da ventilação natural no controle da temperatura interna de uma edificação residencial, facilitando a utilização de estratégias mais eficientes frente ao complexo clima brasileiro, avaliando um sistema de automação residencial para acionamento
da abertura de esquadrias na otimização do uso da ventilação natural, enquadrando a edificação dentro da zona de conforto, através do melhor cenário, que possa futuramente compor um sistema independente da ação humana, automatizando as aberturas.

2. OBJETIVO

Este trabalho visou avaliar o desempenho de um sistema de automação residencial para controle da ventilação natural na climatização de edificações residenciais.

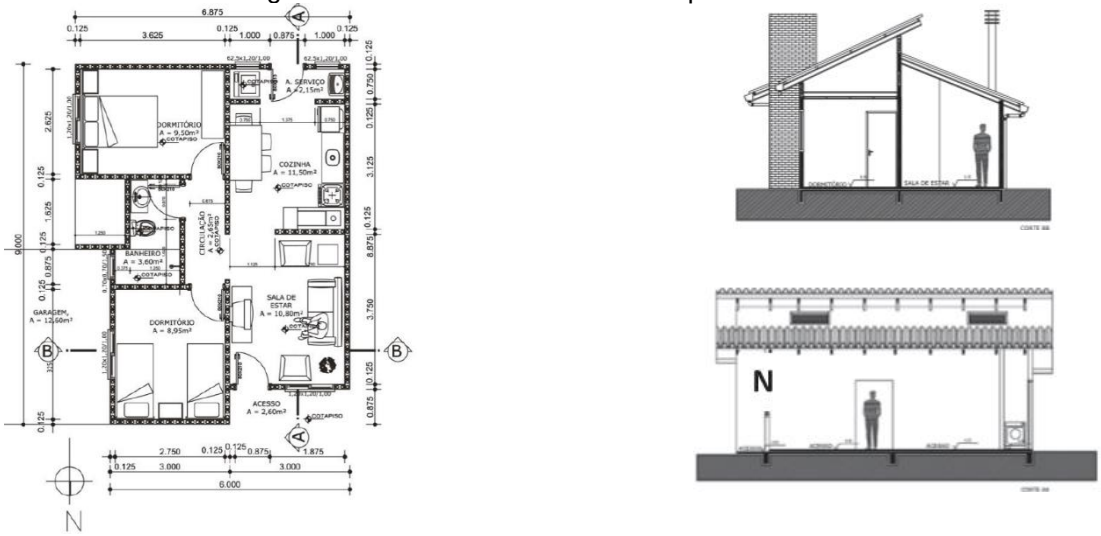
3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia do trabalho consistiu na caracterização do objeto de estudo, definição dos parâmetros e cenários para a simulação computacional e avaliação do sistema automatizado para controle da ventilação natural.

3.1 Objeto de estudo

A residência unifamiliar, objeto de estudo, localiza-se na cidade de Santa Maria/RS, inserida na Zona Bioclimática Brasileira 2, de clima predominantemente subtropical úmido. Com área de 55,4 m², caracteriza-se por ser um protótipo com soluções sustentáveis, a Casa Popular Eficiente, conforme é denominada, é resultado de uma parceria entre a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a Universidade Luterana do Brasil - ULBRA, está implantada na Universidade Federal de Santa Maria – RS. Na Figura 1 é possível observar a distribuição dos espaços e suas dimensões, são eles, dois dormitórios, banheiro, sala de estar e cozinha com área de serviço integrada.

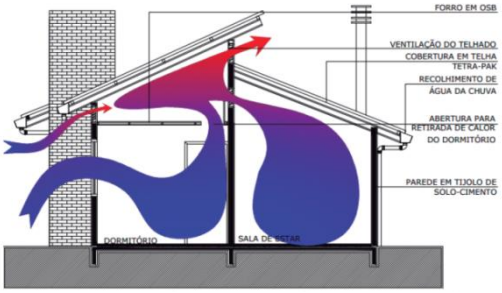
Figura 1. Planta e Cortes da Casa Popular Eficiente - UFSM



Fonte: Vaghetti *et al* (2013).

A edificação conta com estratégias passivas de condicionamento ambiental como sistema de ventilação cruzada, efeito chaminé e ventilação do telhado. Na Figura 2, podemos observar como ocorre o fluxo térmico internamente à edificação, conforme o sistema de ventilação empregado.

Figura 2. Sistema de ventilação natural empregrado



Fonte: Vaghetti et al, 2013.

As características termofísicas dos materiais utilizados no protótipo da Casa Popular Eficiente estão expressos na Figura 3, estes dados alimentarão os parâmetros do software EnergyPlus nas simulações a serem realizadas.

Figura 3 – Características termofísicas dos materiais da Casa Popular Eficiente - UFSM

Características térmicas do materiais				
Caracterísitcas dos materiais	Tijolo Solo Cimento	Argamassa	Telha Ecológica Tetrapark 6mm	Forro OSB 15 mm
Condutividade Térmica (W/(m.K)	0,65	1,15	0,20	0,14
Calor Específico (J/KG.K)	0,80	1,0	1,04	2,3
Densidade (KG/m³)	1655	950	950	650
Emissividade(%)	0,80	0,80	0,80	0,80

Fonte: SANTOS et al, (2015) adaptada pelos autores.

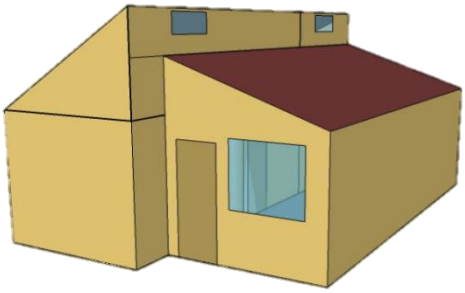
3.2 Parâmetros de Simulação

A avaliação comparativa entre as possibilidades de controle da ventilação natural na edificação com criação de cenários de ventilação, realizou-se através de simulação computacional, com o software EnergyPlus versão 8.3.0, utilizou-se para modelagem da edificação o software Sketchup 15 Make com plugin Legacy Open Studio para a interface gráfica.

A modelagem do protótipo para as simulações (Figura 4) baseou-se nas características construtivas da edificação e dados climáticos da cidade de Santa Maria/RS, representados pelo arquivo climático Swera, com análises elaboradas para os dias típicos determinados por Flores (2014), no verão, 20 de fevereiro e inverno 9 de julho, para o nível 2,5%.

Aos parâmetros atribuídos ao modelo da residência, além de materiais, estrutura e dimensionamento, foram atribuídos também com base no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (INMETRO, 2012) os padrões de comportamento do edifício e dos ocupantes (schedules), e o cálculo da temperatura do solo que foi realizado com auxílio do Pré-processador Slab.

Figura 4. Modelagem para as simulações no Sketchup



3.2.1 Cenários de controle da ventilação

A fim de atingir o objetivo proposto de investigar a eficiência de um sistema automatizado para o controle e acionamento de esquadrias visando utilizar a estratégia passiva de ventilação natural por controle térmico, serão simulados cenários de controle da ventilação natural, bem como integração da estratégia passiva de ventilação natural com o condicionamento térmico artificial, conforme o Quadro 1, onde foi considerado.

Quadro 1. Cenários de utilização da ventilação natural

CENÁRIO	OCUPAÇÃO	ESQUADRIAS	VENTILAÇÃO	COND. ARTIFICIAL
CENÁRIO 1	X	FECHADAS	-	-
CENÁRIO 2	X	ABERTAS	CONTÍNUA (24h)	-
CENÁRIO 3	X	ABERTAS	DIURNA (7hrs às 18hrs)	-
CENÁRIO 4	X	ABERTAS	NOTURNA (19hrs às 6hrs)	-
CENÁRIO 5	X	AUTOMATIZADAS	DIURNA/NOTURNA (setpoint 24°C)	-
CENÁRIO 6	X	AUTOMATIZADAS	DIURNA/NOTURNA(setpoint 21/24 °C)	X

- Cenário 1: A residência com ocupação e esquadrias totalmente fechadas nas 24h do dia.
- Cenário 2: Residência com ocupação e esquadrias totalmente abertas nas 24h do dia.
- Cenário 3: Residência com ocupação e ventilação apenas no período diurno das 7hrs até as 18hrs.
- Cenário 4: Residência com ocupação e ventilação apenas no período noturno das 19hrs até as 6hrs.
- Cenário 5: Residência com ocupação e abertura das esquadrias controladas por sensores de temperatura, nas 24h dos dia, com *setpoint* de 24°C.
- Cenário 6: Igualmente ao cenário 5, com acréscimo da integração do sistema de condicionamento artificial, ambos controladas e gerenciadas através de automação. O *setpoint* para o condicionamento artificial de resfriamento foi definido em 24°C e para aquecimento em 21°C.
O padrão de uso da ventilação natural com controle automático por temperatura faz as esquadrias abrirem quando a temperatura do ar do ambiente (Tint) é igual ou superior à temperatura do termostato (Tint ≥ Ttermostato), e também quando a temperatura do ar do ambiente é superior à temperatura externa (Tint ≥ Text), as janelas estão habilitadas para abertura de acordo com o estabelecido em cada cenário.

3.3 Critérios para avaliação do sistema

O critério de avaliação do sistema foi baseado nos graus-hora de aquecimento e resfriamento. Segundo INMETRO (2012), os indicadores de graus-hora são indicadores de desempenho térmico da envoltória da edificação naturalmente ventilada, que utiliza uma temperatura base, independente de temperaturas de conforto, consistindo em uma temperatura de referência para comparações. O indicador representa o somatório anual de graus-hora, calculado para a temperatura de base de 26°C para resfriamento (GHR) e 18°C para aquecimento (GHA), realizado através das Equações 1 e 2.

$$GHR = \Sigma(To - 26℃) \quad \text{Equação 1}$$

$$GHA = \Sigma(To - 18℃) \quad \text{Equação 2}$$

Para determinar as condições de conforto dos ocupantes da residência foram comparados os resultados obtidos nos 6 cenários simulados, atribuindo ao sistema automatizado um Setpoint de 24 ºC para resfriamento e 22 ºC para aquecimento, apoiado em estudos de eficiência energética realizados para o projeto implantado na ZB2.

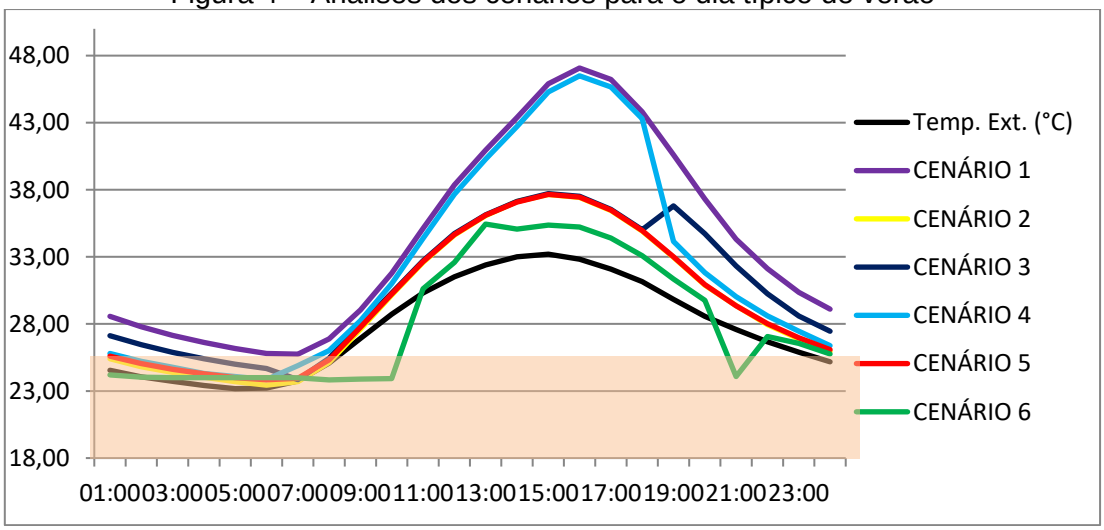
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises para o dia típico de inverno e verão de índice 2,5% estão expressas em gráficos para cada cenário observado.

4.1 Análise dos cenários de verão

O desempenho dos cenários, para a análise de verão, pode ser observado na Figura 4. Para estas análises foram consideradas as temperaturas obtidas no dormitório 2, o qual obteve o pior desempenho para a situação de verão, o que deve ocorrer por aspectos como a inclinação de incidência solar neste ambiente, a geometria da edificação, bem como a absorção da radiação através dos fechamentos transparentes.

Figura 4 – Análises dos cenários para o dia típico de verão



Como pode se observar, o cenário 1, para o dia típico de verão, em que as janelas encontram-se fechadas nas 24h do dia, é um cenário crítico do ponto de vista térmico, concordando com as recomendações da NBR 15220 (ABNT, 2005), em que uma das estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 2 no período de verão é utilizar-se de ventilação. O cenário 2, com ventilação contínua, possui temperaturas semelhantes entre os ambientes e, temperaturas mais amenas que o cenário 1 e o cenário 3.

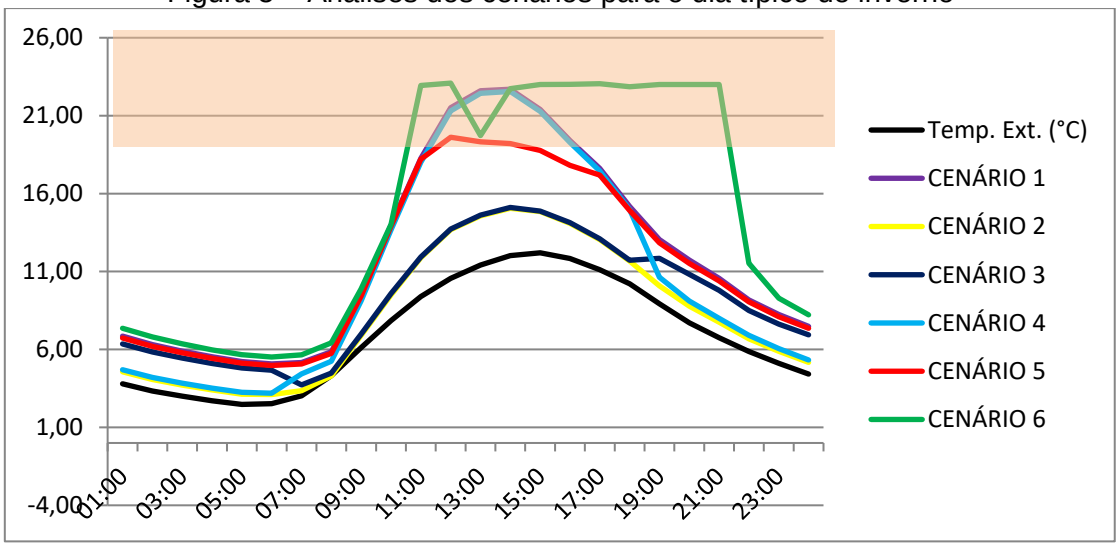
No cenário 3, as temperaturas são mais elevadas que no cenário 2, proporcionando menor conforto ao ambiente, porém, esta situação é melhor avaliada que o cenário 1. O cenário 4 apresenta temperaturas bastante elevadas, apenas não sendo tão crítico quanto o cenário 1 e, tendo melhor comportamento que ao início e final do dia no cenário 3.

O cenário 5, com menor amplitude que os anteriores, e maior parte do tempo dentro da zona de conforto, confrontando aos anteriormente analisados é o que demonstra melhor desempenho. No cenário 6, além da ventilação natural controlada por temperatura, há também a utilização da climatização artificial, configurada ao setpoint de 24°C. A climatização só está operando nos períodos em que há ocupação nos ambientes, assim justificando alguns picos de temperatura no gráfico. Embora ela só funcione nos períodos de ocupação, nos demais horários do dia, os ambientes também apresentam melhores condições de conforto que os demais cenários.

4.2 Análise dos cenários de inverno

Para a situação de inverno o ambiente que apresentou a situação mais desfavorável foi a sala, o desempenho dos cenários para este ambiente estão expressos na Figura 5.

Figura 5 – Análises dos cenários para o dia típico de inverno



O cenário 1, para o dia típico de inverno, o qual apresenta as temperaturas externas abaixo de 15 Cº, possui as internas com mais de 10 graus de diferença no mesmo horário. Porém, mesmo com temperaturas elevadas em alguns momentos do dia, a casa se encontra na faixa de conforto térmico (entre 18°C e 26 °C) em apenas 6 horas por dia, já no cenário 2, em que há ventilação constante o dia todo, as temperaturas externas e internas são muito próximas, distanciando-se da faixa de conforto térmico. É um dos piores cenários analisados para o inverno e, configura-se como uma situação de uso não recomendada.

No cenário 3, em que as esquadrias encontram-se abertas para a ventilação diurna, as temperaturas internas também se encontram longe da faixa de conforto, semelhante ao cenário anterior, porém, com temperaturas internas maiores que as do cenário 2 e maiores que as do cenário 4 no início e final do dia. O cenário 4 tem comportamento semelhante ao cenário 1, porém o cenário 1 possui temperaturas mais elevadas, ou seja maior conforto térmico.

O cenário 5, de comportamento semelhante ao 1 e ao 4, apresenta o menor período dentro da zona de conforto entre os 3. Porém, as temperaturas mínimas são mais elevadas no cenário 5 do que no cenário 4, ocasionando mais conforto térmico quando comparados, mas quando confrontados ao cenário 1, este é o que se sai melhor dos 3. No cenário 6, além da ventilação natural controlada por temperatura, há também a utilização da climatização artificial, configurada para o setpoint de 22°C, ou seja, as temperaturas do ambiente tendem a permanecer nessa faixa de temperatura, dentro da zona de conforto. Ademais, a climatização só está operando nos períodos em que há ocupação nos ambientes, assim justificando alguns picos de temperatura no gráfico. Embora a climatização só funcione nos períodos de ocupação, nos demais horários do dia, os ambientes também apresentam melhores condições de conforto que nos demais cenários.

Estas análises são expressas com maior clareza ao observarmos a Tabela 1 que demonstra os graus-hora de resfriamento e aquecimento.

4.3 Análise do Graus-hora de resfriamento e aquecimento

Na análise do graus-hora de resfriamento (GHR) observa-se na Tabela 1, que o cenário que apresenta o maior número de horas em desconforto por calor é o Cenário 1 e os cenários mais confortáveis são o 2, com ventilação contínua e o 6 com ventilação controlada, como pode ser observado também no gráfico da Figura 4.
Na análise de graus-hora de aquecimento (GHA), a Tabela 1 justifica o observado no gráfico da Figura 5, em que o desconforto por frio é menor no Cenário 1 em que as janelas estão fechadas todo o tempo e no Cenário 6 em que há automação.

Tabela 1. Análise do GRH e GHA

	GH_R	Horas em desconforto por calor	GH_A	Horas em desconforto por frio
CENÁRIO 1	196,60	22	161,57	18
CENÁRIO 2	102,69	15	232,79	24
CENÁRIO 3	121,47	18	210,26	24
CENÁRIO 4	157,49	17	190,40	18
CENÁRIO 5	103,41	16	164,45	19
CENÁRIO 6	74,50	12	131,32	13

5. CONCLUSÃO

Após análise dos diferentes cenários de ventilação configurados para a Casa Popular Eficiente da UFSM, com avaliação para os dias típicos de inverno e verão, observou-se inicialmente, como é conhecido da literatura, que as temperaturas são maiores no período da manhã nos ambientes com fachadas à leste e no período da tarde nas fachadas à oeste; mas, a própria geometria da edificação também influencia os ambientes que serão mais ou menos confortáveis, como verificou-se nos dormitórios 1 e 2, ambos com fachadas à leste e de áreas similares, apresentando o dormitório 1 temperaturas menores que o 2, devido ao pequeno sombreamento que a própria edificação faz ao ambiente pela sua geometria.
Entre os cenários de ventilação analisados para o inverno, o cenário 2, o qual apresenta ventilação contínua nas 24h do dia, apresentou o pior desempenho. Em contrapartida, os de melhor desempenho, foram os cenários 1, 5 e 6; o cenário 1, com as aberturas fechadas todo o dia e o cenário 5 com aberturas controladas por temperatura e, o cenário 6, igualmente ao 5, acrescido de climatização artificial, para os horários de uso dos ambientes de permanência prolongada. Destes, o de melhor desempenho foi o cenário 6, mesmo em alguns horários em que não havia climatização, devido ao tempo que leva para amortecer a onda de calor na edificação. O cenário 1, de maneira geral, apresenta temperaturas mais altas e maior conforto para o inverno que o cenário 5, que possui temperaturas muito próximas a ele, porém, suas máximas não chegam a causar desconforto por calor, como no cenário 1.
No verão, ao contrário, o pior cenário é o cenário 1, e os melhores cenários são 2, 5 e 6, em que o comportamento do cenário 6 é igual à situação de inverno, com melhor situação na demora do amortecimento da onda térmica. Dos outros dois cenários, o 2 tem melhor desempenho, com diferença mínima para o cenário 5.
Após estas análises, conclui-se que a climatização artificial colabora para manter as temperaturas desejadas dentro dos limites de conforto de um dia, mesmo quando ela não está em funcionamento, mas é importante que se pense na economia de energia que uma solução passiva pode trazer juntamente ao conforto térmico, considerando alguns cuidados, como a utilização da ventilação

controlada por temperatura, pois é a solução que melhor se adapta a solucionar os desconfortos por calor e por frio e, não tendo o impacto do usuário no sistema.
É importante ponderar que não foram consideradas nesta análise, o impacto da radiação solar e da variação da umidade relativa no ar, fatores relevantes para as condições de conforto térmico, parte integrante de uma pesquisa maior, com pretensão a desenvolver e avaliar um sistema de automação de aberturas através de sensores que detectam a temperatura externa e interna, entre outras variáveis como umidade e radiação solar, colocando a edificação dentro da zona de conforto, através da automatização das esquadrias permitindo trocas térmicas com o ambiente.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-15220-3:2005.Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro,2013.

FLORES, M.G.; Geração da Base Climática de Santa Maria - RS para Análise de Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificações. Santa Maria, 112 p. (Cap.4 p. 92 e 96), 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

HERKEL, S; KNAPP, U.; PFAFFEROTT, J. Towards a model of user behavior regarding the manual control of windows in office buildings. Building and Environment, v. 43, n.4, p.588-600, 2008.

INSTITUTO DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Requisitos Técnicos da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – RTQ-R. Brasil, 2012.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, O. R. Fernando. Eficiência Energética na Arquitetura (3ª Edição). Rio de Janeiro: Editora Eletrobras/Procel, 2014. 366 p.

NICOL, J.F. Characterising occupant behavior in buildings Towards a stochastic model of occupant use of windows, lights, blinds heaters and fans. Building Simulation 200. Rio de Janeiro, Brasil IPBSA, p.1073 -1078, 2001.

PIZZUTTI, J.C.S. *et al*. Avaliação Térmica de Casa Popular Eficiente no Período de Verão.EUROelecs 2015. Guimarães, Portugal, p. 227-236, 2015.

ROCKENBACH, S. Arquitetura, automação e sustentabilidade. Porto Alegre, 187 p., 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SORGATO, M.C. A Influência do usuário no desempenho térmico e energético de edificações residenciais. Florianópolis, 258 p., 2015. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2015

VAGHETTI, Marcos A.O. *et al.* Avaliação do Desempenho Térmico Da “Casa Popular Eficiente”. XXV Congresso Regional De Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – CRICTE. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil, 2013.

YUN, G.Y. STEEMERS, K. Time-dependet occupant behavior models of window control in summer. Building and Environment, v.43, n.9, p.1471-1482, 2008.

245. A INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS DE OBSTRUÇÃO EXTERNA NA ILUMINAÇÃO NATURAL DE SALAS DE AULA EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES DE SERRA - ES

QUEZADA, Alana Lessa[1](alanaquezada@hotmail.com)*
PAGEL, Érica Coelho[2] *(erica.coelho@faesa.br)*
[1,2] Associação Educacional de Vitória (AEV), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
Uma iluminação adequada no ambiente escolar, principalmente se for natural, é um dos principais fatores para um bom desempenho escolar. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo detectar a influência de elementos arquitetônicos de obstrução externa (frequentes em escolas brasileiras) no desempenho lumínico de salas de aula. A pesquisa ocorreu em duas escolas da Rede Estadual de Ensino, localizadas no município da Serra – ES. A metodologia é composta por medições *in loco* com um luxímetro digital em salas de aula e por simulações computacionais no *software Dialux Evo* em ambientes das fachadas norte e sul destas escolas. Foram simulados diferentes cenários de aberturas com interferências externas em uma sala de aula padrão: presença de beiral, vegetação, muro, *brises-soleil*, prateleiras de luz e balcão refletor. Os resultados das medições mostraram que os níveis de iluminância encontrados nas salas de aula estão abaixo dos níveis recomendados. Nas análises dos cenários simulados na fachada sul, os maiores índices ocorreram às 9h com céu parcialmente encoberto. O melhor desempenho lumínico foi atingido com o uso do balcão refletor, prateleira de luz e *brise* vertical, com médias de iluminância de 347, 231 e 227 lux, respectivamente. Na fachada norte, a utilização de *brises* horizontais associados com prateleiras de luz apresentou a melhor distribuição e desempenho lumínico, a média de 332 lux às 9h com céu claro.
Palavras-chave: Arquitetura escolar, obstrução externa, iluminação natural, simulações.

THE INFLUENCE OF EXTERNAL OBSTRUCTION ELEMENTS IN THE NATURAL ILLUMINATION OF CLASSROOMS IN SCHOOL BUILDINGS OF SERRA – ES

Adequate lighting in the school ambience, especially if it is natural, is one of the main factors for a good school performance. In this way, this work has the objective to detect the influence of architectural elements of external obstruction (common in Brazilian schools) in the luminous performance of classrooms. The research was carried out at two schools of the State Teaching Network, located in the municipality of Serra - ES. The methodology is composed by measurements *in loco* with a digital luxmeter in classrooms and by computational simulations with Dialux Evo software in ambiences of the north and south facades of these schools. Were simulated different opening scenarios with external interferences in a model classroom: presence of eaves, vegetation, wall, *brises-soleil*, light shelves and reflective balcony. Measurement results showed that the levels of illuminance found in classrooms are below recommended levels. In the analysis of the simulated scenarios at the southern façade, the highest indices occurred at 9 a.m with partially overcast sky. The best light performance was achieved with the use of reflective balcony, light shelf and vertical *brise*, with illuminance averages of 347, 231 and 227 lux, respectively. At the north façade, the use of horizontal brises associated light shelves presented the best distribution and luminous performance, the average of 332 lux at 9 a.m with clear sky.
Keywords: *School architecture, external obstruction, natural Lighting, simulations.*

1. INTRODUÇÃO

O conforto ambiental de edificações escolares, em todos os seus aspectos térmicos, lumínicos, acústicos e funcionais, é ignorado em boa parte dos projetos arquitetônicos das escolas (KOWALTOWSKI, 2011). Especificamente, o conforto visual do usuário de um ambiente construído depende essencialmente da iluminação, tanto natural como artificial. Segundo Souza e Pereira as atividades em sala de aula necessitam de iluminação qualificada, uma vez que se tem atividades específicas, que vão desde ler e escrever no caderno, a ler e escrever na lousa, variando bastante a distância entre o observador e a tarefa visual. Cada tarefa exige um nível mínimo de iluminação, atualmente no Brasil a norma que diz respeito a quantidade de luz em salas de aula é NBR ISO 8995-1 (ABNT, 2013) estabelecendo os níveis de iluminância para salas de aula em 300 lux para salas de uso comum, 500 lux para salas de aula noturnas e 500 lux para quadro negro. Sendo assim, as condições ambientais lumínicas influenciam significativamente na saúde e no bem-estar dos usuários, bem como, nas condições de percepção do ambiente, podendo também gerar desconfortos físicos e psicológicos em decorrência da sua deficiência ou excesso.

No que tange o aproveitamento da iluminação natural nesses espaços, as características do ambiente construído relacionadas ao controle da incidência da iluminação são definidas pelas aberturas e as propriedades do meio externo (LEAL, 2013). De acordo Kremer (2002) em escolas é comum a utilização de proteções fixas padronizadas a fim de se atingir o conforto térmico nos ambientes internos. São essas: laje avançada ou beiral da cobertura; brises com aletas fixas na horizontal, vertical ou inclinada; e elementos vazados de alvenaria, de concreto ou metálico. O que ocorre muitas vezes é que esses elementos de proteção são utilizados de maneira banal e de forma indevida (mal projetados), não cumprindo sua função original de proporcionar conforto e influenciando negativamente na captação e distribuição da luz no ambiente.

Além dos elementos de obstrução às aberturas, a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno depende também das características do entorno, sejam essas características construtivas ou não. Segundo Leal (2013) com o adensamento dos centros urbanos e a verticalização, a malha urbana vem sendo modificada a ponto de afetar significativamente a disponibilidade de luz natural nas edificações. Leder (2006) afirma que “a forma de garantia do direito à luz natural é, basicamente, através da legislação de uso do solo, que estabelece limites de altura, recuos e afastamentos entre as edificações”. Entretanto, pesquisas realizadas em modelos residenciais e comerciais (AMARAL, 1999) evidenciaram que as relações propostas pelos Códigos de Obras não são suficientes para garantir uma boa distribuição e níveis de iluminação adequados no interior do espaço.

Considerando ainda as interferências externas do entorno, Mascaró (2010) afirma que o sombreamento da vegetação tem grande influência sobre a luz natural nos recintos urbanos e, consequentemente, afeta o desempenho da luz natural nas edificações. Uma escolha arbórea adequada deve levar em consideração as mudanças de forma e tamanho que se processarão ao longo do tempo, baseada nas condições de insolação do recinto urbano através do ano e das necessidades de sombreamento em cada estação.

Desta forma uma aprimorada revisão nas técnicas construtivas vigentes e a adoção de partidos arquitetônicos adaptados à realidade brasileira, visando o aproveitamento da luz natural em escolas, poderiam resolver problemas de conforto térmico e deficiência em iluminação. Além disso, o aproveitamento da luz natural ressalva uma economia de energia, o que é de grande importância em se tratando de escolas públicas. Diante do exposto essa pesquisa pretende trazer reflexões sobre a importância do conforto lumínico na produção arquitetônica, mais especificamente de salas de aula, visando conferir melhorias para o conforto visual dos usuários e a efetiva redução do uso

de iluminação artificial no período diurno através da conscientização dos projetistas no planejamento adequado da edificação.

2. OBJETIVO

Esse trabalho objetivou avaliar o desempenho lumínico no interior de salas de aula sob influência de fatores externos de obstrução recorrentes no ambiente escolar. Os objetivos específicos foram:

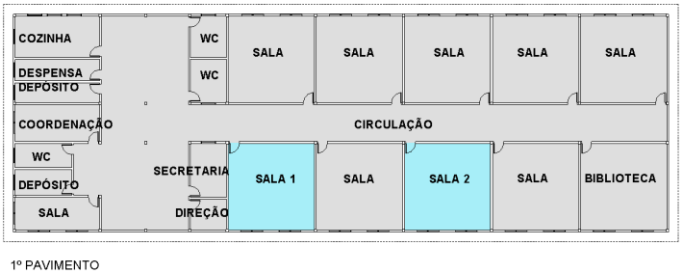
- Medir *in loco* os níveis de iluminância interno em salas de aula de duas escolas da rede pública do município da Serra – ES, identificando os principais sistemas externos existentes de influência na redução dos níveis de iluminação;
- Simular o desempenho lumínico em uma sala de aula padrão sob duas orientações - norte e sul, considerando a presença dos seguintes elementos: beiral, vegetação, muro, brises-soleil, prateleiras de luz e balcão refletor.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Determinação das salas de aula e dos sistemas que influenciam na sua iluminação

Foram escolhidas duas escolas de ensino público no município da Serra – ES: EMEF- São Diogo e EMEF- Altair Siqueira Costa, ambas com turno matutino e vespertino com turmas do primeiro ao nono ano, englobando estudantes principalmente de seis a quatorze anos. Na EMEF São Diogo selecionou-se duas salas localizadas na fachada sudoeste (Figura 1).

Figura 1. EMEF São Diogo a) Planta baixa térreo, com a localização das salas de estudo b) Interior da sala.



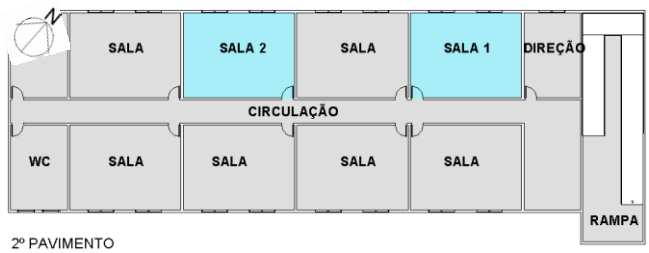
(a)



(b)

Cada sala possui 7x7m com pé direito de 3m resultando em 49m² e duas janelas de 3m de largura por 1,60m de altura. Observou-se que a área de abertura das janelas não atende o código de obras local que é de no mínimo 1/5 da área do piso (SERRA, 1996). Internamente as salas possuem paredes de tijolinho com pintura na cor verde, laje de teto com pintura na cor branco e piso cinza. Pode-se inferir também que embora o foco do trabalho seja a análise dos elementos externos de obstrução no bom aproveitamento da luz natural, sabe-se que a não utilização de cores claras, como por exemplo a cor utilizada na parede possivelmente reduz os níveis de iluminância internos. Na EMEF Altair Siqueira selecionou-se para estudo duas salas da fachada noroeste (Figura 2), no pavimento superior, observou-se além das grades para segurança a presença de toldos para proteção solar. Cada sala possui 7mx8m com pé direito de 2,9m resultando em aproximadamente 56m² e duas janelas de 2,50m de largura por 1,5m de altura, o que atende o código de obras local. Internamente as salas possuem cores claras, com paredes na cor bege, laje de teto com pintura cor branco e piso cinza. O uso de materiais com cores claras, nas paredes e tetos são comuns na maior parte de escolas da rede estadual, salvo casos específicos como na EMEF São Diogo.

Figura 2. EMEF Altair Siqueira a) Planta baixa do segundo pavimento b) Interior da sala de aula.



(a)



(b)

Foram registrados a presença dos seguintes elementos de obstrução externos às salas de aula: o beiral, árvore, a distância do muro de 1,5m da edificação obedecendo o afastamento mínimo, grades, telas e toldos nas janelas. Na EMEF São Diogo a influência de tais elementos pode ser agravada por se tratar de uma edificação térrea o que potencializa a interferência na quantidade de luz interna as salas de aula. As características de cada sala e seus elementos passíveis de redução da luz natural no interior do espaço estão sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1. Elementos de obstrução externa nas salas de aula avaliadas

	EMEF - São Diogo		**EMEF – Altair**	
Tipo de Interferência	Sala 1	Sala 2	Sala 1	Sala 2
Beiral	X	X		
Muro	X	X		
Vegetação (árvore)		X		
Toldo			X	X
Grades/telas	X	X	X	X
Construções no entorno				X

3.2 Medições *in loco*

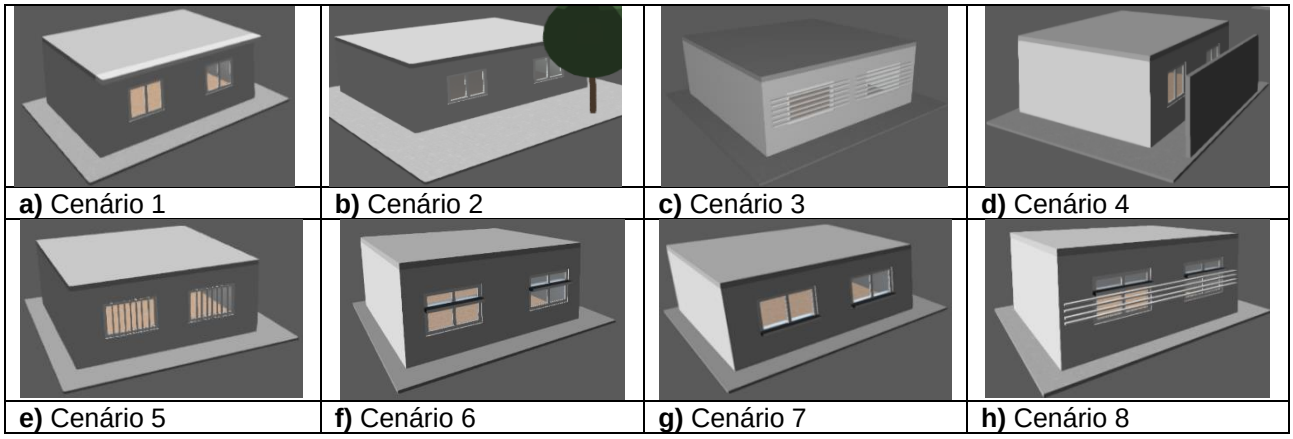
As medições dos níveis de iluminância foram realizadas utilizando o aparelho luxímetro Digital Meter modelo ITLD 260 da marca CE. Foi seguida a norma NBR 15215 – Parte 4 (ABNT, 2003), que estabelece o procedimento de medição lumínica no que se diz a distribuição e o número mínimo de pontos medidos em cada ambiente em função da área estudada, para assim obter números precisos da distribuição da luz no espaço. O luximetro foi colocado na altura do plano de trabalho (0,80m) e a um metro de distância do corpo para não haver sombras, além de uma distância mínima de 50cm das paredes. As medições de iluminância foram realizadas em dias com céu claro, durante os períodos da manhã (entre 8h e 30min e 9h e 45min) e períodos da tarde (entre 15h e 30min e 16h) para verificar a variação da luminosidade dentro da edificação entre o período matutino e vespertino. Assim, as medições foram realizadas nos dias 17/08/2016, 24/08/2016, 16/09/2016 na EMEF-São Diogo e EMEF- Altair.

3.3 Simulações computacionais

Para as simulações foi utilizado o *Dialux Evo*, um *software* gratuito de fácil acesso e que apresenta uma interface amigável o que facilita o uso para estudos de iluminação rápidos e simplificados. O modelo de simulação representa uma sala de aula típica de uma escola brasileira, tanto no que diz respeito à sua geometria, quanto ao posicionamento das aberturas. Dessa forma o modelo simulado possui um formato quadricular de 7x7m, com área de 49m², pé direito de 3m e duas janelas de 2m de largura por 1,20m de altura com peitoril de 90 cm na face externa. A capacidade da sala de aula

testada comporta 30 estudantes o que é indicado pela legislação nacional, que prevê uma área de sala de aula de 1,5m² por aluno (KOWALTOWSK, 2011). A área de abertura das janelas procurou atender a área mínima de iluminação exigida pelo código de obras local. Considerou-se para efeito da modelagem a adoção de índices de refletância dos materiais do teto de 80%, das paredes 50% e do piso interno e externo de 20%, com o intuito de aproximar os resultados da realidade dos materiais mais utilizados em escola da rede pública. Foram feitas simulações considerando duas orientações norte e sul, três tipos de céu: céu claro, céu parcialmente encoberto e céu encoberto e em dois horários 9h e 15h. Tomou-se o modelo da sala de aula em pavimento térreo, devido a maior provável influência de alguns obstáculos externos tais como muros e vegetação. A Figura 3 apresenta os cenários analisados.

Figura 3. a) Cenário 1: Presença de Beiral de 0,70m de largura; b) Cenário 2: Presença de vegetação de médio porte a 1m de distância; c) Cenário 3: Presença janelas com brises horizontais formados por seis placas de 3,2m de largura e 0,10m de profundidade espaçadas equidistantes d) Cenário 4: Presença de muro com 2,60m de altura a 1,5m de distância; e) Cenário 5: Presença de brise vertical formados por sete placas de 1,35m de altura e 0,10m de profundidade espaçadas equidistantes; f) Cenário 6: Presença de prateleira de luz com 0,60 m de profundidade a uma altura de 1,6 m do piso interno; g) Cenário 7: Balcão Refletor com 0,60m de profundidade localizado sob o peitoril; h) Cenário 8: Prateleira de luz com brises horizontais resultado da junção dos cenários 3 e 6.



a) Cenário 1	**b)** Cenário 2	**c)** Cenário 3	**d)** Cenário 4
e) Cenário 5	**f)** Cenário 6	**g)** Cenário 7	**h)** Cenário 8

4. RESULTADOS

4.1 Medições *In loco*

A Tabela 2 mostra a média de iluminância encontrada nas salas de aula analisadas. Observa-se que apenas com o uso da luz natural os níveis médios estão bem abaixo dos recomendados pela NBR 8995-1 (ABNT, 2013). Os piores resultados foram encontrados na sala da EMEF São Diogo, chegando a um valor médio mínimo de 21 lux no horário vespertino. Esses resultados provavelmente são devido à presença próxima a essa sala de uma árvore de médio porte que exerce influência negativa, reduzindo em mais 80% a média de iluminância do ambiente em todos os dias e horários medidos, em comparação a sala 1, que se situa na mesma orientação e com as mesmas características construtivas que o espaço em questão. Todas as medições foram realizadas em céu claro.

Tabela 2. Iluminância média (em lux), EMEF- São Diogo e EMEF-Altair Siqueira costa

Dias	Escola São Diogo		Escola Altair Siqueira Costa	
17/08/2016	Horário 15:30	Horário 15:45	Horário 16:00	Horário 16:15
	Sala 1	Sala 2	Sala 1	Sala 2
	110 lux	21 lux	102 lux	88 lux
24/08/2016	Horário 09:00	Horário 09:15	Horário 09:30	Horário 09:45
	Sala 1	Sala 2	Sala 1	Sala 2
	130 lux	22 lux	110 lux	91 lux
16/09/2016	Horário 08:30	Horário 08:45	Horário 09:00	Horário 09:30
	Sala 1	Sala 2	Sala 1	Sala 2
	135 lux	24 lux	117 lux	94 lux

Interessante observar que a sala 1 térrea da EMEF São Diogo que não sofre com a presença da árvore e apresenta apenas a marquise, muro lateral e grades em sua configuração, exibe melhor desempenho em relação as salas da EMEF Altair Siqueira Costa, que se localizam no pavimento superior. Esse resultado pode ser devido a influência da tela nas janelas e especialmente do toldo na EMEF Altair para proteção da radiação solar incidente por se tratar de uma fachada noroeste. Os maiores níveis médios de iluminância encontrados foram, portanto na sala 1 da EMEF São Diogo chegando a um valor máximo de 135 lux a 8h e 30 mim na medição do dia 16/09/16 sendo que nesse mesmo dia às 9h foi encontrado o máximo valor de 117 lux na sala 1 da EMEF Altair.
Especificamente na Escola Altair Siqueira a variação de iluminância foi menor entre as salas de aula (mínimo de 88 lux às 15h e 30 min do dia 17/08/16 e máximo de 117 lux às 9h do dia 16/09/16), o que se infere a grande influência nos níveis de iluminância pela presença de vegetação de médio e grande porte próxima às salas de aula, como encontrado na EMEF São Diogo. Tal fato é interessante, pois é comum na construção das escolas, principalmente em áreas de adensamento urbano, utilizar-se de uma taxa de ocupação alta, além do cumprimento do valor mínimo estipulado pela legislação local para os afastamentos, o que resulta em um menor número de espaços amplos e áreas abertas, o que faz com que muitas vezes a vegetação se localize inadequadamente nesses afastamentos laterais. Ainda na EMEF Altair tem-se que, comparando os dois espaços analisados, a sala de aula 2 apresenta níveis inferiores do que a sala de aula 1 o que provavelmente ocorre devido a influência próxima desse ambiente em relação as construções da vizinhança.

4.2 Simulações Computacionais

A Figura 4 e 5 mostra a distribuição de luz natural nos cenários simulados. Em relação a fachada norte os níveis de iluminância foram maiores considerando céu claro, seguido de céu parcialmente encoberto e céu encoberto. Observou-se também que os níveis de iluminação são maiores nas fachadas analisadas no período matutino às 9h do que no período da tarde às 15h. Os valores médios máximos encontrados em céu claro às 9h foram de 1100 lux no cenário com muro afastado a 1,5m; seguido de 1096 lux no cenário com vegetação a 1m de distância e 1080 lux com a presença de beiral. A presença de tais obstáculos na fachada norte embora esteja apresentando altos valores médios de iluminância no espaço não promovem o conforto lumínico, e também térmico, do usuário podendo gerar incômodos como ofuscamento e ganho de calor no ambiente. Tal fato pode ser constatado pela presença de pontos com valores que chegam acima de 15000 lux próximo as janelas. Desta forma, levando em consideração a necessidade de proteção solar em fachadas orientadas ao norte em edificações escolares localizadas na Serra - ES, testou-se cenários com a utilização de brises verticais e brises horizontais. Os níveis médios de iluminância encontrados foram maiores considerando proteção vertical chegando ao máximo de 891 lux em céu claro às 9 h em contraponto a 356 lux na simulação com brises horizontais em céu parcialmente encoberto no

mesmo horário. Pode-se inferir que esses modelos apresentam um bom desempenho lumínico no interior da sala de aula associado a um maior conforto térmico ao ambiente.

Como o objetivo do trabalho foi a avaliação do comportamento da luz natural frente a aplicação de obstáculos externos, simulou-se também cenários com a utilização de prateleiras de luz, balcão refletor e a associação de prateleira de luz com proteção horizontal. Dentre os três a utilização do balcão refletor atingiu os maiores níveis médios de iluminação chegando a 1022 lux às 9h com céu claro, seguida da prateleira de luz com 356 lux às 9h com céu parcialmente encoberto e 332 lux às 9h com céu claro com a utilização de prateleira de luz conjugada ao brise horizontal. Embora o emprego de balcão refletor apresente uma boa performance em redução de contrastes em pontos mais próximos as aberturas, Fassina, Laranja (2016) já haviam apontado em seu estudo sobre elementos de fachada e seu desempenho na iluminação natural em salas de aula, a necessidade do uso de dispositivos que bloqueiem a luz direta para dentro do ambiente.

Já o uso das prateleiras além de bloquear parcialmente a incidência direta dos raios com maior altura solar, uniformizam mais os níveis de iluminância no interior do ambiente, o que corrobora com Maioli; Taufner; Alvarez (2014) que apontaram em seu trabalho que o uso de prateleiras de luz é eficiente na distribuição das iluminâncias principalmente em ambientes em profundidade. Por fim, o cenário que apresenta a utilização de prateleira associada com dispositivos de proteção solar, tais como brises horizontais obteve o melhor desempenho lumínico considerando a fachada norte, através da melhor distribuição da luz natural no interior da sala de aula e ao conforto térmico necessário a essa orientação.

Em relação as simulações dos oito cenários considerando orientação sul percebe-se que os níveis de iluminância médios são bem menores do que os encontrados na orientação norte sendo o valor médio máximo encontrado nessa fachada cinco vezes menor do que o valor médio máximo encontrado ao norte. Outro fato interessante é que enquanto os maiores níveis de iluminação nos cenários norte foram predominantemente encontrados às 9h de céu claro, com exceção ao cenário envolvendo o uso de brises horizontais, na fachada sul os maiores índices se deram às 9h com céu parcialmente encoberto. Relata-se também uma menor variação entre os valores médios de iluminância ao sul do que ao norte, registrando o máximo valor médio encontrado de 347 lux na presença de balcão refletor e o mínimo valor médio de 191 lux com o beiral. Ainda na orientação sul, têm-se zonas mais escuras no fundo das salas de aula principalmente em se tratando de céu claro e céu parcialmente encoberto, quando comparados aos mesmos resultados a norte, chegando a níveis inferiores a 10 lux no cenário envolvendo muro lateral a 1,5m de distância. Já os resultados com céu encoberto foram bem similares nas duas fachadas simuladas.

No tocante aos cenários com melhores performances na orientação sul, tem-se o uso de balcão refletor, prateleira de luz e brise vertical, com médias de iluminância de 347, 231 e 227 lux respectivamente, e melhor distribuição da luz o que reforça o benefício desses instrumentos para ambientes internos voltados para essa orientação.

Destaca-se a importância da eleição pelo projetista dos elementos arquitetônicos adequados a serem utilizados no planejamento da edificação, visando um melhor desempenho lumínico e térmico associado a orientação e as condições do local. Em se tratando de salas de aula, esses aspectos são diretrizes fundamentais, pois ambientes escolares confortáveis interferem na aprendizagem e na saúde dos seus usuários.

Figura 4. Cenários simulados orientação Norte.

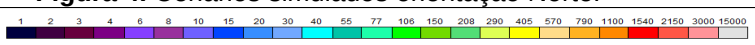
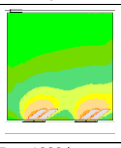
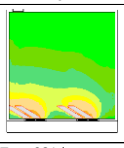
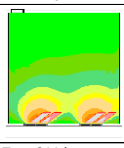
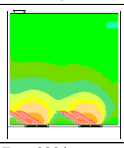
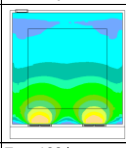
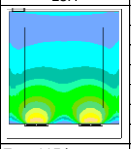
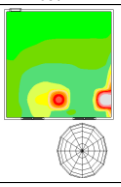
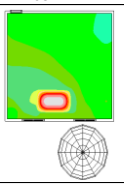
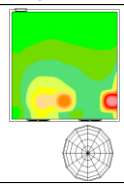
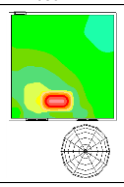
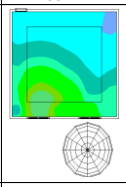
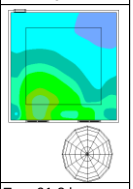
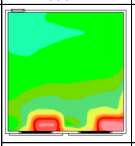
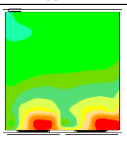
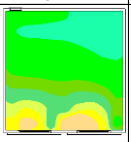
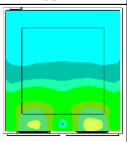
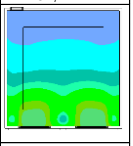
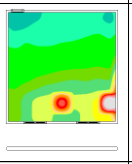
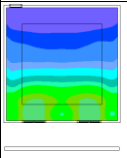
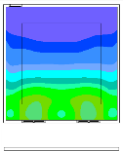
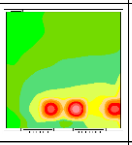
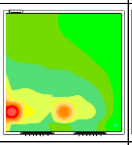
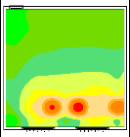
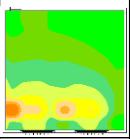
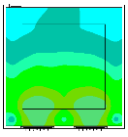
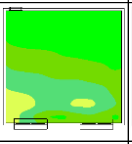
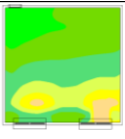
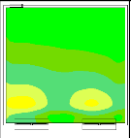
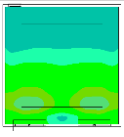
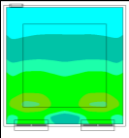
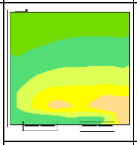
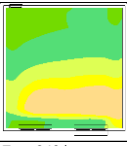
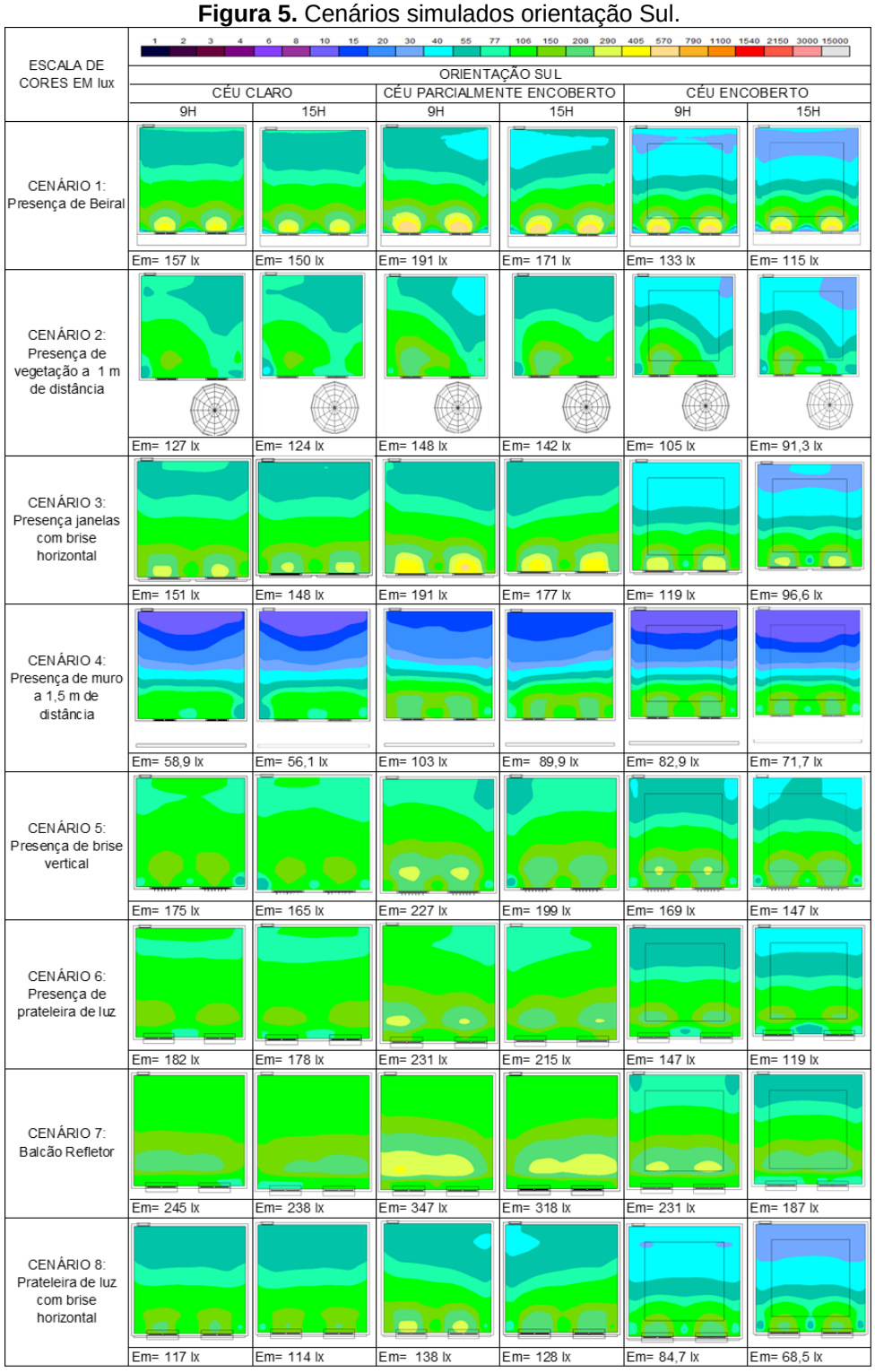
ESCALA DE CORES EM lux						
	ORIENTAÇÃO NORTE					
	CÉU CLARO		CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO		CÉU ENCOBERTO	
	9H	15H	9H	15H	9H	15H
CENÁRIO 1: Presença de Beiral						
	Em= 1080 lx	Em= 981 lx	Em= 811 lx	Em= 686 lx	Em= 133 lx	Em= 115 lx
CENÁRIO 2: Presença de vegetação a 1 m de distância						
	Em= 1096 lx	Em= 615 lx	Em= 760 lx	Em= 451 lx	Em= 105 lx	Em= 91,2 lx
CENÁRIO 3: Presença janelas com brise horizontal						
	Em= 297 lx	Em= 257 lx	Em= 356 lx	Em= 281 lx	Em= 109 lx	Em= 88,3 lx
CENÁRIO 4: Presença de muro a 1,5 m de distância						
	Em= 1100 lx	Em= 892 lx	Em= 693 lx	Em= 548 lx	Em= 82,9 lx	Em= 71,8 lx
CENÁRIO 5: Presença de brise vertical						
	Em= 891 lx	Em= 692 lx	Em= 774 lx	Em= 588 lx	Em= 169 lx	Em= 147 lx
CENÁRIO 6: Presença de prateleira de luz						
	Em= 463 lx	Em= 404 lx	Em= 508 lx	Em= 402 lx	Em= 147 lx	Em= 119 lx
CENÁRIO 7: Balcão Refletor						
	Em= 1022 lx	Em= 805 lx	Em= 940 lx	Em= 711 lx	Em= 231 lx	Em= 187 lx
CENÁRIO 8: Prateleira de luz com brise horizontal						
	Em= 332 lx	Em= 263 lx	Em= 325 lx	Em= 248 lx	Em= 84,7 lx	Em= 68,5 lx

Figura 5. Cenários simulados orientação Sul.



5. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados obtidos, foi possível observar a interferência significativa de elementos externos a edificação nos níveis de iluminância internos a salas de aula reiterando a importância do planejamento da edificação pelo projetista tanto na implantação da edificação quanto na adoção de sistemas para alcançar melhores desempenhos, tanto no quesito térmico quanto do aproveitamento da iluminação natural. As simulações comprovaram que na fachada norte a utilização de prateleiras de luz associada a brises horizontais resulta em uma melhor distribuição da luz natural no interior do ambiente além de proporcionar o conforto térmico necessário a essa orientação. Já a fachada sul, considerando a cidade de Serra - ES, possibilita a abertura de vãos maiores e mais iluminados que podem ser intensificados pelo uso de sistemas tanto como o balcão refletor quanto a prateleira de luz.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15215: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995-1. Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2013.

AMARAL, M. G. V. Iluminação natural: revisão da legislação construtiva de Florianópolis. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SERRA. Código de Obras do Município da Serra. Espirito Santo, Lei 1947, 20 de dezembro de 1996.

FASSINA, S. P; LARANJA, A. C. Elementos de fachada e o desempenho da iluminação natural em salas de aula: o caso do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Colatina. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XVI, 2016.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. Arquitetura escolar: O projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 272 p.

KREMER, A. A influência de elementos de obstrução solar no nível e na distribuição interna de iluminação natural: Estudo de caso em Protótipo escolar de Florianópolis. Florianópolis, 209 p., 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

LEAL, L. Q. A influência das variáveis de entorno e do edifício sobre as iluminâncias e o ofuscamento nos ambientes internos: um estudo de caso em edifícios residências multipavimentos em recorte urbano de João Pessoa – PB. Dissertação (Mestrado) – UFPB, 2013.

LEDER, S. M. et al. Análise da legislação urbanística através de critérios de insolação e Luz natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis, 2006.

MAIOLI, R. N.; TAUFNER, M. D.; ALVAREZ, C. E. de. A influência das prateleiras de luz no aproveitamento da luz natural sob obstrução externa. Revista de Arquitectura, V. 16, p. 105-113, 2014.

MASCARÓ, Juan Luiz ; MASCARÓ, Lucia Elvira Alicia Raffo. Vegetação Urbana. Porto Alegre: mais quatro, 2010. 204p.

SOUZA, R.; PEREIRA, F. O. Primeira estação de medição de iluminação natural em território brasileiro: análise dos dados dos dois primeiros anos de funcionamento. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 79-9, jul./set. 2004.

251. ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PARA ADEQUAÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL AOS REQUISITOS DA ABNT NBR 15575:2013.

KRAI, Bianca de Andrade[*1](biancakrai.eng@hotmail.com); ROSA, Fabiana Pires*[1](fabianarosa@brturbo.com.br); FRAPICCINI, Eduardo*[2] (eduardo@opera.eng.br); CARARA JÚNIOR, Victório Altair*[2] (victorio@opera.eng.br)
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
[2]Athivabrasil Empreendimentos Imobiliários Ltda, Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A construção civil brasileira está passando por um processo de adaptação para atendimento aos requisitos exigidos pela NBR 15575:2013. Cumprir estes requisitos impactam diretamente na falta de definição dos sistemas ainda em fase de projeto, pelo desconhecimento dos materiais e tecnologias disponíveis no mercado. Neste contexto, este trabalho faz uma análise das principais alterações em projeto, planejamento e execução necessárias para atendimento de todos os requisitos, buscando o maior nível de exigência de cada critério, em uma edificação residencial localizada na cidade de Novo Hamburgo/Brasil. A análise foi realizada a partir de um *check list* com todos os critérios exigidos pela norma, e foi necessário o envolvimento dos projetistas, fornecedores e equipe técnica de execução, para identificar as definições emergenciais, as alterações em projetos e o planejamento a fim de que o tempo necessário para a definição dos sistemas não excedesse o cronograma inicial. Ao término da análise foi verificada a necessidade de atender 160 critérios, neste empreendimento, 95 critérios já estavam sendo atendidos; 56 foram necessários laudos de ensaio e simulações, destes, 40 exigiram alguma alteração de projeto, processo ou material; e 9 não se aplicavam as características do empreendimento. Foi indispensável adequar as instruções de trabalho da empresa, incluir itens às inspeções de serviço para evidenciar os processos executivos definidos, bem como alterações nos processos de execução com o intuito de reduzir o tempo, assim como a contratação de equipes extras. Tendo em vista a análise deste estudo de caso, percebe-se que as ações tomadas para readequar o cronograma da obra viabilizaram o processo de adequação à norma evidenciando que é possível atender a norma de desempenho e proporcionar aos usuários uma edificação com mais conforto e durabilidade.
Palavras-chave: Norma de Desempenho, Planejamento, Nível superior, NBR 15575.

IMPACTS GENERATED ANALYSIS FOR RESIDENCIAL BULDING ADEQUACY TO THE REQUIREMENTS OF ABNT NBR 15575:2013.

The Brazilian construction industry is undergoing a process of adaptation to meet the requirements of the NBR 15575:2013. Fulfill these requirements directly impact the lack of definition of the systems in the design phase for unknowledge of the materials and technologies available on the market. In this context, this paper analyzes the main changes in the design, planning and execution necessary to meet all requirements, seeking the highest level of demand for each criteria, on a residential building in the city of Novo Hamburgo/Brazil. The analysis was conducted from a check list with all the criteria required by the standard, and mandatory the involvement of designers, suppliers and technical execution team to identify the emergency settings, changes in projects and planning so that the time needed to define the systems did not exceed the initial schedule. At the end of the analysis, it was verified the need to meet 160 criteria, in this project, 95 criteria were being met; 56

were necessary test reports and simulations, of these, 40 required a change of design, process or material; and 9 did not apply enterprise's characteristics. It was essential to adapt the company's work instructions, to include items to service inspections to show the defined executive processes, as well as changes in implementation processes in order to reduce the time, as well as the hiring of extra teams. Considering the analysis of this case study, it can be seen that the actions taken to readjust the schedule of the work made possible the adaptation process to the rule showing that it is possible to meet the performance standard providing users a building with more comfort and durability.
Keywords: Performance Standard, Planning, Upper Level, NBR 15575.

1. INTRODUÇÃO

A norma de desempenho traz consigo mudanças de conceito e quebra de paradigmas, e por isso todo o setor construtivo está passando por um processo de adaptação. Um dos desafios do mercado da construção civil hoje, é entender a NBR 15575:2013, conhecer o desempenho dos sistemas e produtos com auxílio de ensaios laboratoriais, e desta forma poder fornecer aos projetistas e construtores todas as informações necessárias para projetar suas edificações em qualquer nível de desempenho.

Apesar da tratativa de vigência da NBR 15575 ter iniciado em 2008, o mercado ainda apresenta muitas lacunas quando se trata do cumprimento dos requisitos da norma, pois eles impactam diretamente na falta de definição dos sistemas ainda em fase de projeto, por falta de conhecimento dos materiais e tecnologias disponíveis no mercado brasileiro. Covelo Silva (1996) aponta que as empresas que incluírem em seus processos de controle de gerenciamento e execução a identificação e avaliação do desempenho de seus sistemas, naturalmente sentirão a necessidade de melhorias tecnológicas, e o grande desafio é encontrar soluções que tenham baixo custo.

Os projetistas exercem função primordial na implantação do conceito de desempenho na cadeia produtiva, pois precisamos projetar e construir para um bom desempenho, e eles são os primeiros a nortearem as premissas do projeto (LORENZI, 2013). Borges (2008) acredita que o maior benefício da abordagem de desempenho para todo o setor construtivo é o incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias de materiais e processos executivos.

Segundo Silva (2011), muitas construtoras, ao atender as diversas normas prescritivas, que há muitos anos já estão em vigor, consequentemente já atendem vários critérios da norma de desempenho, necessitando apenas de alguns ajustes ou uma forma de atestar as conformidades. Diante deste cenário, a empresa Athivabrasil lançou o desafio de adaptar um residencial, que teve seu projeto protocolado antes da norma entrar em vigor, a todos os requisitos de desempenho no nível superior. Para isto foi necessário uma série de estudos junto a projetistas, laboratórios e fornecedores, pois esta adequação gerou impactos em todos os processos do empreendimento desde projeto, planejamento, orçamento, suprimentos, recursos humanos e execução de obra.

2. OBJETIVO

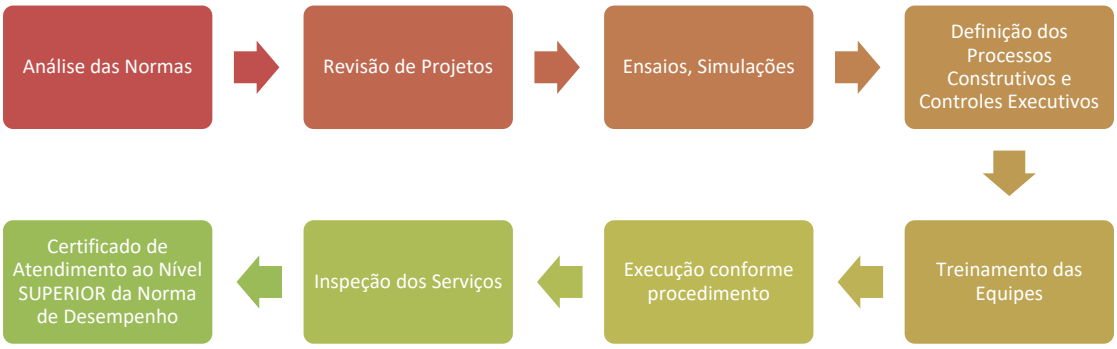
O objetivo geral é analisar os principais impactos em um canteiro de obra para adequação de um projeto à norma de desempenho no nível superior.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado com base em um estudo de caso de um residencial multifamiliar de alto padrão, localizado na região central da cidade de Novo Hamburgo, Brasil. Segundo Gil (2010), um estudo de caso é uma análise profunda de poucos ou apenas um objeto de estudo, possibilitando vasto conhecimento sobre o tema e identificação dos fatores que mais terão influência sobre ele.

Inicialmente foi definido um fluxo de atividades para implantação da norma de desempenho, conforme Figura 1, que foi elaborado pela construtora. A partir deste fluxo, e com a utilização do cronograma da obra, dos projetos, controles executivos e instruções de trabalho, a empresa pode identificar as necessidades e desenvolver as ações para cada um dos itens da figura. Para análise aprofundada dos sistemas, foi utilizado como base esse fluxo e elaborado pela autora, fluxos específicos para a adequação de cada desempenho e sistema.

Figura 1 – Fluxo de processos para implantação dos critérios da Norma.



Fonte: Athivabrasil.

A empresa fazia uso de um *checklist* básico elaborado pelo instituto tecnológico e a partir desta análise, foram levantadas as necessidades de alterações nos processos e controles executivos de obra e realizados os treinamentos das equipes envolvidas. Para análise deste estudo de caso foi aplicado, pela autora, um *checklist* comparando os requisitos que a empresa já cumpria no projeto inicial e apontando as necessidades de alteração.

O modelo da planilha utilizada para analisar cada critério da norma segue o padrão da Figura 2, que foi adaptado de Mourão et. al. (2016) e encontra-se completa no Apêndice deste trabalho. O *checklist* utiliza a seguinte forma de identificação das análises realizadas para cada critério:

- Método de avaliação é identificado como: A1-Ensaio; A2-Inspeção; A3-Simulação; A4-Análise de projeto.
- Responsáveis são identificados como: C-Construtor; PA-Projetista de Arquitetura; PE-Projetista Estrutural; PI-Projetista de Instalações; PEsp-Projetista Específico;
- Comprovações são identificadas como: C1-Laudo Sistêmico; C2-Laudo do Fornecedor; C3-Relatório de Inspeção; C4-Declaração em Projeto; C5-Especificação Técnica; C6-Solução descrita em projeto.
- O restante dos itens é identificado como S-Sim, N-Não, NA-Não Aplicado ou a descrição da situação.

Figura 2 – Modelo de *checklist* para análise dos requisitos

Parte 1																
Requisitos Gerais																
Requisitos Gerais			Nomas	Métodos de avaliação	Responsáveis	Comprovações	Já atendia (S/N/NA)	Passou a Atender (S/N/NA)	Exigiu Alterações (S/N/NA)	Tipo de Alteração	Controle de Execução (S/N/NA)	Alteração no controle de execução (S/N/NA)	Atraso no cronograma (S/N/NA)	Ação para compensar atraso.	Justificativa
8 Segurança contra incêndio																
Req.	8.2 - PT 1	DIFICULTAR O PRINCÍPIO DE INCÊNDIO														
Crit.	8.2.1.3 - PT 1	As instalações de gás são projetadas e executadas de acordo com a NBR 13523 e NBR 15526?	NBR 13523 NBR 15526	A2	C	C3	S	S	N	-	S	S	S	Equipe terceirizada e execução de contrapiso bombeado.	Atraso devido a demora na definição do sistema de piso.
				A4	PI	C4									

Fonte: Adaptado de Mourão et.al. (2016).

A obra foi executada conforme as novas definições, e durante a execução, os serviços e sistemas foram inspecionados a partir dos controles revisados. Durante todos estes processos foram mantidos os registros e os laudos necessários para evidenciar cada requisito ou alteração no processo.

Juntamente com esta análise foi comparado o planejamento inicial com o planejamento final da obra, incluindo todas as interferências que ocorreram durante a execução devido à adequação dos sistemas, fazendo o uso de linha de balanço para uma análise geral. Por fim, com o levantamento de todas as informações, são identificados e analisados os critérios da norma que mais impactam, na implantação da norma de desempenho em nível superior.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O edifício residencial, objeto de estudo deste trabalho, tem 17.993,65m² de área construída, conta com 3 pavimentos subsolos, térreo, mezanino, 16 pavimentos tipo, 4 pavimentos *Lofts* e um pavimento de área técnica, totalizando 26 pavimentos, 72 unidades de 3 e 2 dormitórios e de 2 a 3 vagas de garagens por unidade.

Como o empreendimento nasceu e foi protocolado nos órgãos públicos antes da NBR 15575:2013 entrar em vigor, ele não tinha a obrigatoriedade de atender aos desempenhos mínimos desta versão da norma. Logo, os projetos iniciais não continham nenhuma definição para atendimento dos desempenhos mínimos. Entretanto, foi um desafio proposto pela construtora de adaptar este projeto para que ele atendesse ao nível superior de cada requisito especificado. Desta forma, ao longo da implantação, alguns sistemas foram modificados assim como alguns projetos específicos, para total atendimento aos requisitos.

Para este estudo de caso, o *checklist* utilizado foi inteiramente adaptado às características do empreendimento e às formas encontradas para adequar o projeto aos requisitos. Além disso, foi acrescentado à planilha outras avaliações, como: análise das alterações dos controles executivos dos projetos e do cronograma inicial do empreendimento.

Na análise deste empreendimento, foi constatado que 95 critérios já estavam sendo atendidos no projeto inicial (59%) (Figura 3), principalmente porque remetem a normas já existentes

e, portanto, com análise de projeto é possível evidenciar o atendimento destes itens. Já outros 56 (35%) exigiram verificações como ensaios, simulações, laudos de fabricantes, alterações de projeto, ou apenas de componentes. E os últimos 9 critérios não se aplicam às características do empreendimento (6%). Portanto, dos 160 critérios, 151 são aplicáveis a este projeto.

Figura 3 – Análise dos critérios para o projeto inicial

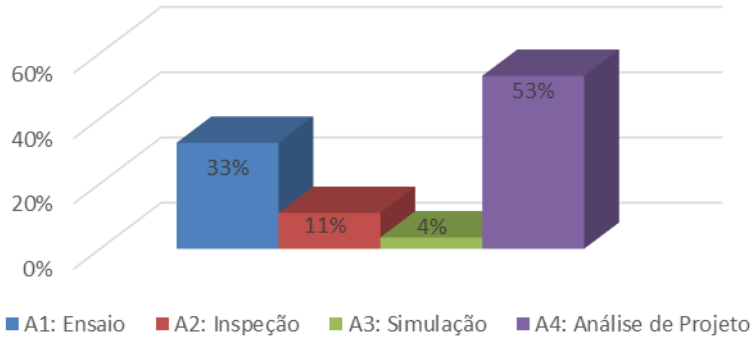


Fonte: Elaborado pelos autores.

Vale ressaltar que os critérios podem ter mais de uma forma de avaliação, como por exemplo, análise de projeto por responsabilidade do projetista e ao mesmo tempo inspeção da execução, que é responsabilidade da construtora.

Na Figura 4 pode ser observado que a maior parte dos critérios podem ser avaliados por análise de projeto 53%, enquanto 33% exigem ensaios. Entretanto, grande parte destes laudos de ensaios podem ser adquiridos com os fornecedores, se os mesmos já tiverem realizado estas avaliações em seus produtos. Como este empreendimento iniciou no final do ano de 2013, poucos haviam realizado tais análises, e, por esse motivo, foi necessário encontrar empresas que estivessem dispostas a realizar a análise de seus produtos, inseridos nos nossos sistemas e fazer melhorias em componentes, se necessário fosse.

Figura 4 – Métodos de avaliação dos critérios.

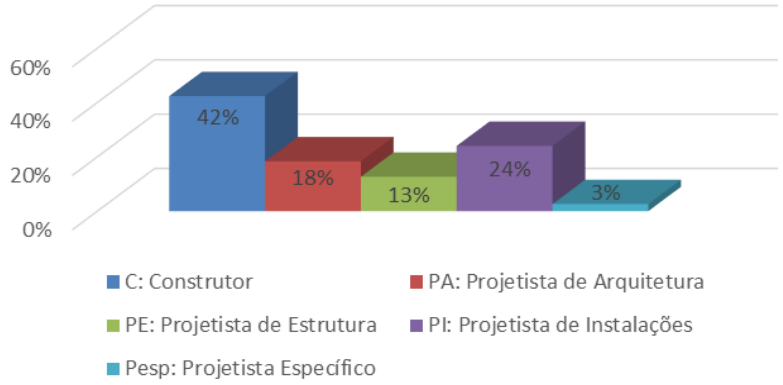


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para este estudo de caso, 42% dos critérios foram caracterizados como responsabilidade da construtora e os 58% restantes como responsabilidade dos projetistas (Figura 5). Na análise

inicial, a porcentagem direcionada aos projetistas era mais expressiva, entretanto, como neste caso a adequação à norma foi uma iniciativa da construtora e os projetos já estavam prontos, muitos critérios foram de certa forma assumidos pela empresa e seus fornecedores.

Figura 5 – Análise dos responsáveis pelo atendimento aos critérios.

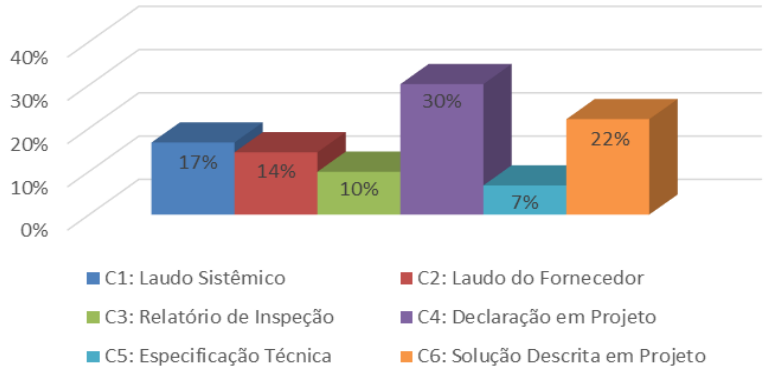


Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme analisado na Figura 4, 33% dos métodos de avaliação são através de ensaios, entretanto, conforme a Figura 6, 17% são laudos sistêmicos de responsabilidade da construtora, 14% são laudos adquiridos diretamente com os fornecedores e os 2% restantes são ensaios que podem ser realizados em obra, se tiverem a execução controlada através de relatório de inspeção. Um exemplo desta situação é o teste de estanqueidade de áreas impermeabilizadas. Neste caso, não é necessário um ensaio realizado por um instituto tecnológico, pois a própria construtora pode realizar o ensaio, utilizar como método de aceitação do serviço e manter o registro da inspeção como comprovação.

Na Figura 5, mostra que 58% dos critérios são de responsabilidade dos projetistas. Da mesma forma, na Figura 6, os itens C4 e C6 também representam as definições em projeto. Mais uma vez, a importância dos projetistas nas análises dos critérios, mostrando que, se o projeto for idealizado para atender a norma por completo, mais da metade dela pode ser atendida durante a elaboração dos projetos, e desta forma, evitar retrabalhos e atrasos por indefinições.

Figura 6 – Tipos de comprovações para atendimento aos critérios.

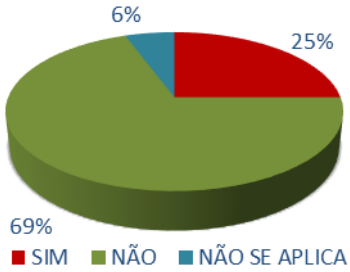


Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da análise inicial do *checklist* com as definições de métodos de avaliação, comprovações e responsáveis, foi possível iniciar os ensaios, simulações, pesquisas de materiais e solicitação de laudos a fornecedores, para definição dos sistemas.

Conforme a Figura 7, de todos os 160 critérios, 40 exigiram algum tipo de alteração no sistema (25%), seja em algum componente, na definição do material, em projeto, ou no método de execução.

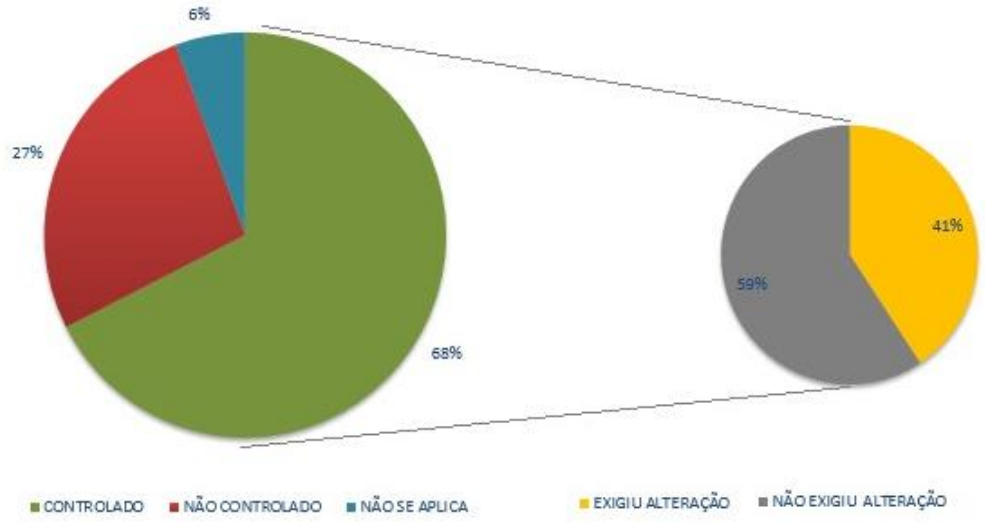
Figura 7 – Análise dos critérios que exigiram alterações.



Fonte: Elaborado pelos autores.

De todos os critérios analisados, 68% possuem controle de execução, quais sejam, instruções de trabalho para treinar as equipes envolvidas e planilhas de inspeção de serviços para controlar a qualidade do que está sendo executado. Destes controles já existentes, 41% deles passaram por alterações dos itens avaliados e das tolerâncias permitidas para possibilitar o atendimento dos critérios da norma, conforme pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Análise dos critérios que possuem controle de execução.



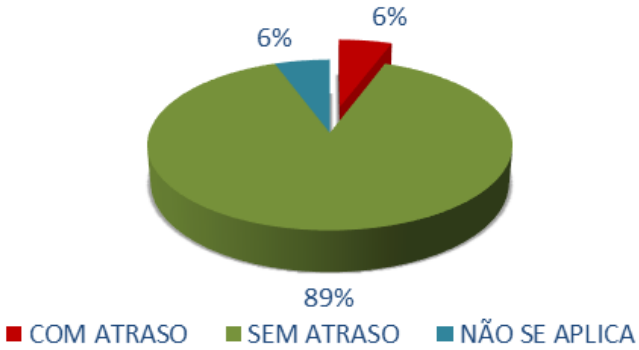
Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise dos critérios se deu conforme as exigências do andamento da obra. De forma geral, quando o sistema entrava na programação do cronograma de médio prazo, iniciavam as

preparações de amostras e protótipos para realização dos ensaios, com a intenção de ter a definição até a programação deste sistema no cronograma de curto prazo.

Na Figura 9, pode-se observar que apenas 9 critérios causaram atrasos no cronograma (6%). Nestes casos, não foi possível alcançar os prazos com ações como equipes extras, ou um método executivo mais eficiente. E apesar de ter sido uma quantidade pequena de critérios, muitos deles impossibilitaram o início das atividades seguintes, tornando este, um caminho crítico e aumentando o prazo final de conclusão da obra.

Figura 9 – Análise dos critérios que causaram atrasos no cronograma.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5. CONCLUSÃO

Pelas observações dos aspectos analisados os principais impactos no gerenciamento dos processos de uma edificação residencial passam pelo desenvolvimento de projetistas, construtor, consultores, fornecedores e laboratório credenciado. Para a adequação à norma, vários setores da empresa tiveram que adaptar os seus processos de trabalho para garantir que toda a equipe estivesse em prol do mesmo objetivo.

A partir da aplicação do *checklist*, foi evidenciado a necessidade de atender 151 critérios da norma de desempenho, sendo que 95 já estavam sendo atendidos no projeto inicial, para outros 56 foram necessários laudos de ensaio e simulações, e destes, 40 exigiram alguma alteração de projeto, processo de execução ou substituição de material.

Além de adequar as instruções de trabalho da empresa, foi necessário incluir itens às inspeções de serviço para evidenciar processos executivos nos sistemas. De todos os critérios analisados, 108 possuem controle de execução (68%), sendo que destes, 44 foram alterados para atender aos requisitos da norma sendo acrescentados itens de avaliação e as tolerâncias foram ajustadas conforme as exigências na norma.

A análise de projeto é um dos métodos de avaliação dos critérios, sendo verificado que a maior parte destes já estavam sendo atendidos desde o projeto inicial. Do total de critérios, 106 passam por análise de projeto, destes, apenas 11 exigiram algum tipo de alteração no sistema. Isto se deve a grande quantidade de normas já existentes o qual o projeto já estava cumprindo.

De forma geral os projetos que sofreram mais modificações foram o estrutural, devido aos fatores de durabilidade da estrutura e resistência ao fogo e o arquitetônico, pertinente aos sistemas de vedação vertical, devido às mudanças estruturais e devido ao desempenho térmico e acústico.

A análise dos critérios se deu conforme as exigências do andamento da obra. De forma geral, quando o sistema entrava na programação do cronograma de médio prazo, iniciavam as

preparações de amostras e protótipos para realização dos ensaios, com a intenção de ter a definição até a programação deste sistema no cronograma de curto prazo.

Entretanto, 9 critérios causaram atrasos ao cronograma (6%), e apesar de ter sido uma quantidade pequena de critérios, muitos deles impossibilitaram o início das atividades seguintes, tornando este, um caminho crítico e aumentando o prazo final de conclusão da obra. Os novos sistemas de vedação vertical, executados para atender o desempenho térmico e acústico, foram realizados por equipes extras, assim como todos os acabamentos subsequentes destas paredes. Já o sistema de piso, foi possível alterar o método de execução e também compensar parte do atraso.

Tendo em vista a análise deste estudo de caso, percebe-se que as ações tomadas para readequar o cronograma da obra viabilizaram o processo de adequação à norma, evidenciando que é possível atender aos requisitos da norma de desempenho e proporcionar aos usuários uma edificação com mais conforto e durabilidade.

Além disso, foi possível observar durante todo o trabalho desenvolvido que a grande mudança em gerenciar uma obra para atender a norma de desempenho, está na contratação de materiais e serviços, exigindo dos fornecedores a comprovação da qualidade do seu produto e em casos específicos realizar ensaios para atestar os sistemas, além de manter um controle rígido das execuções.

Por fim, acredita-se que os próximos empreendimentos terão cada vez menos alterações para realizar em seus sistemas, pois as exigências da norma estão incentivando fornecedores a trazerem soluções e mobilizando todo o mercado em prol da melhoria contínua com o objetivo de proporcionar maior conforto ao usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (2013). NBR 15575: Edifícios Habitacionais – Desempenho – Partes 1 à 6. Rio de Janeiro, 2013.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. (Dissertação de Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2008.

COVELO SILVA, Maria Angélica. Metodologia de seleção tecnológica na Produção de Edificações com o Emprego do Conceito de Custos ao Longo da vida útil (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1996.

GIL, Antonio Carlos, 1946 – **Como elaborar projetos de pesquisa** – 5 ed – São Paulo: Atlas, 2010.

LORENZI, LucianiSomensi. Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT BNR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse sociais térreas. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR, RS, 2013.

MOURÃO, Alexandre; BERTINI, Alexandre; NOVAES, Artur; NOVAES, Camila; BARREIRA, Cláudio; ARAÚJO, David; DANTAS, Jorge; RAMALHO, José; PASCOAL, Kepler; RAMOS,

Luciano. **Análise dos Critérios de Atendimento à Norma de Desempenho ABNT NBR 15.575**. Ceará: Gadioli Cipolla Comunicação, 2016.
SILVA, Adriana Teresinha da. **Comparativo entre processos de implantação do Código técnico das edificações na Espanha e NBR 15.575/2008:** desempenho no Brasil. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2011

322. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS PARA EL DISEÑO DE ESTANCIAS EN EL ESPACIO PÚBLICO, QUE RESPONDAN A LOS RETOS CLIMÁTICOS EN CIUDADES TROPICALES. CLIMA TEMPLADO Y CLIMA CALIDO

*ZAPATA GIRALDO, Alejandra María *[1](amzapatag@unal.edu.co); PEÑA SEPÚLVEDA, Johanna Andrea [1](joapenase@unal.edu.co)*
[1]Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Colombia

RESUMEN
El confort térmico de los usuarios en espacios públicos es uno de los factores que determinan su permanencia y apropiación. El objetivo de este trabajo fue analizar la influencia de los factores climáticos sobre los componentes de las estancias, a través de la relación entre las condiciones térmicas y la permanencia por parte de los usuarios. Se seleccionaron dos lugares de estudio, clima frío (el municipio de El Retiro Antioquia) y clima cálido (municipio de Santa fe de Antioquia). Para el desarrollo de la investigación se midieron la temperatura de globo y la apropiación del espacio público en los lugares con mayor ocupación de cada uno de los dos municipios. Esta información fue unificada y comparada con el propósito de evidenciar las relaciones entre las condiciones térmicas, las características físicas y la permanencia de los individuos en las estancias. El análisis de los resultados estableció que si bien son espacio para el uso público, ambos lugares carecen de diseños adecuados que respondan a sus necesidades particulares desde las demandas climáticas Por esta razón, el estudio propone estrategias para la mejora del confort térmico, como la implementación de techos naturales o arquitectónicos que reducen los niveles de radiación solar directa en el clima frío, y el uso de materiales para disipar el calor y la implementación de ventilación en clima cálido.
Palabras-clave: condición térmica, estancia, diseño mobiliario, espacio público

METHODOLOGICAL STRATEGIES FOR THE DESIGN OF STAYS IN THE PUBLIC SPACE, WHICH RESPOND TO CLIMATE CHALLENGES IN TROPICAL CITIES. TEMPERED AND WARM WEATHER

ABSTRACT
The thermal comfort of users in public spaces is one of the factors that determine their permanence and appropriation. The objective of this work was to analyze the influence of climatic factors on the components of the rooms in the urban areas, through the relation between thermal conditions and the permanence on the part of the users. Two places of study were selected, cold climate (the municipality of El Retiro Antioquia) and warm climate (municipality of Santa de Antioquia). For the development of the investigation were measured the temperature globe and the appropriation of the public space with greater occupation of each one of the two municipalities. This information was unified and compared with the purpose of evidencing relations between the thermal conditions, the physical characteristics and the permanence of the individuals in the rooms. The analysis of the results established that although they are space for the public occupation, both places are outside the area of thermal comfort. For this reason, the study proposes strategies for the improvement of thermal comfort, such as the implementation of natural or architectural roofs that reduce the levels of direct solar radiation in the cold climate, and the use of materials to dissipate heat along with Implementation of natural ventilation in warm weather.
Keywords: Thermal condition, stay, furniture design, public space

1. INTRODUCCION

El clima en ciudades tropicales como El retiro y Santafé de Antioquia, a una altitud de 2.175 y 500 m.s.n.m respectivamente, requiere la proyección de espacio público que garantice resguardo a los individuos, donde el diseño es una tarea que aborda un amplio campo de saberes, al ser el punto de convergencia de una sociedad, su cultura y el lugar. Tanto las características propias del lugar, como las consecuencias de los nuevos elementos que aparecen en el espacio público, son factores determinantes en la proyección. La falta de estrategias metodológicas que guíen al arquitecto o urbanista en las relaciones entre elementos en el espacio público y los efectos que estos producen bajo un clima determinado, exponen las finalidades del proyecto al azar. Teniendo en cuenta que es el arquitecto, dentro de los profesionales del diseño quien “juega con los factores ambientales”, dándole la capacidad de proyectar espacios y no solo objetos [1].

Este trabajo considera temáticas transversales a las condiciones del habitar como herramientas necesarias para entender la relación entre “usuario-objeto-entorno” [1] que se da en el espacio público, donde el conocimiento y análisis de variables como el clima, el tipo de usuario y la actividad, serán indispensables para un proceso reflexivo en la etapa de diseño

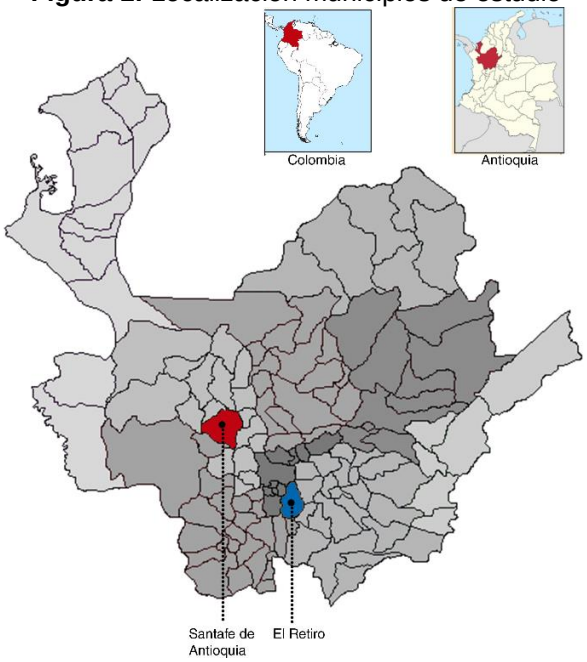
2. OBJETIVO

Incorporar nuevas estrategias metodológicas para el diseño de estancias en el espacio público desde el análisis de sus elementos, a través del estudio de la disposición, materialidad y diseño entendiendo, la relación usuario- objeto - entorno como una herramienta de diseño

3. OBJETO DE ESTUDIO

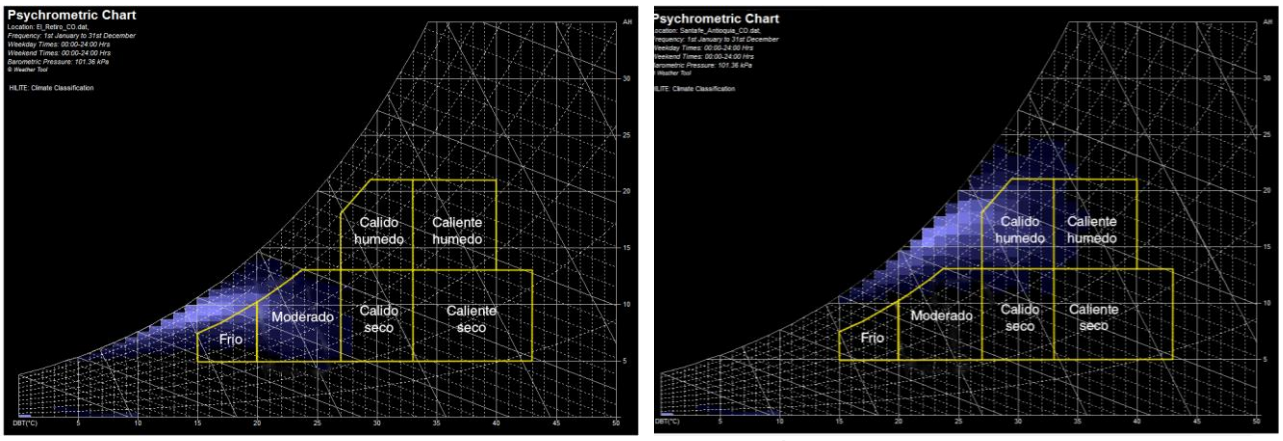
El proceso de investigación se llevó a cabo en los municipios de El Retiro y Santafé de Antioquia del departamento de Antioquia, Colombia [Figura 1]. En cada uno de ellos se localiza un parque de prevalencia e importancia, dotado con estancias donde el diseño, la posición y disposición de sus superficies, mobiliarios y coberturas, juegan un papel importante permitiéndole al usuario apropiarse de él, según sus necesidades a lo largo del día.

Figura 1: Localización municipios de estudio



Casos de estudio: A (El Retiro) posee una temperatura media anual de 16 °C correspondiendo a un clima frio. caso B (Santafé de Antioquia) posee una temperatura media de 25.5°C, clima cálido, La figura 2 muestra en que clima se ubica cada lugar según el diagrama psicométrico [Figura 2].

Figura 2: Clima lugares de estudio.

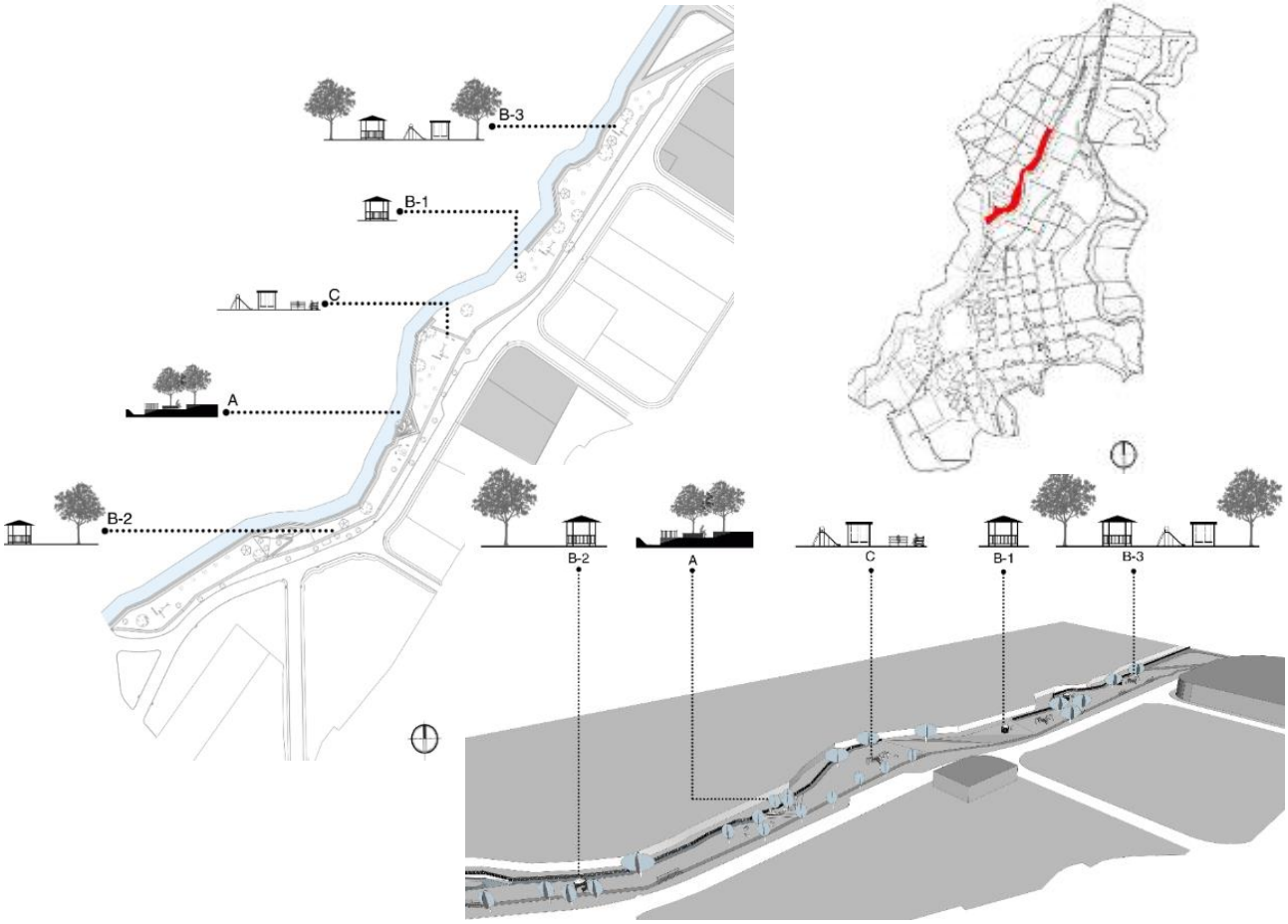


Izquierda: El Retiro, Derecha: Santafé de Antioquia

Se caracterizó cada uno de los espacios públicos seleccionados, el caso de estudio A (El Retiro) cuenta con una extensión de 470 metros lineales y una sección de 30 metros siendo un espacio público lineal acompañado por una quebrada, este espacio fue dotado de mobiliario sin criterios de diseño que busquen resolver necesidades propias del lugar, además su ubicación no corresponde a un ejercicio reflexivo que considere la arborización, la superficie y el entorno en general, es por

eso que existen problemas como zonas de inundación específicamente en los juegos infantiles donde se acumula el agua creando superficies lodosas que hacen imposible su uso, los lugares de resguardo son pequeñas estructuras techadas desprovistas de mobiliario interior que no permiten el desarrollo de actividades como comer, sentarse, en general insuficientes para albergar los usuarios, aun así al ser el mayor espacio público en el municipio, tiene gran acogida entre personas locales y visitantes. Su forma lineal y desarrollo urbanístico invita a la actividad, caminatas, pista de trote y un espacio adecuado para pasear las mascotas. [Figura 3].

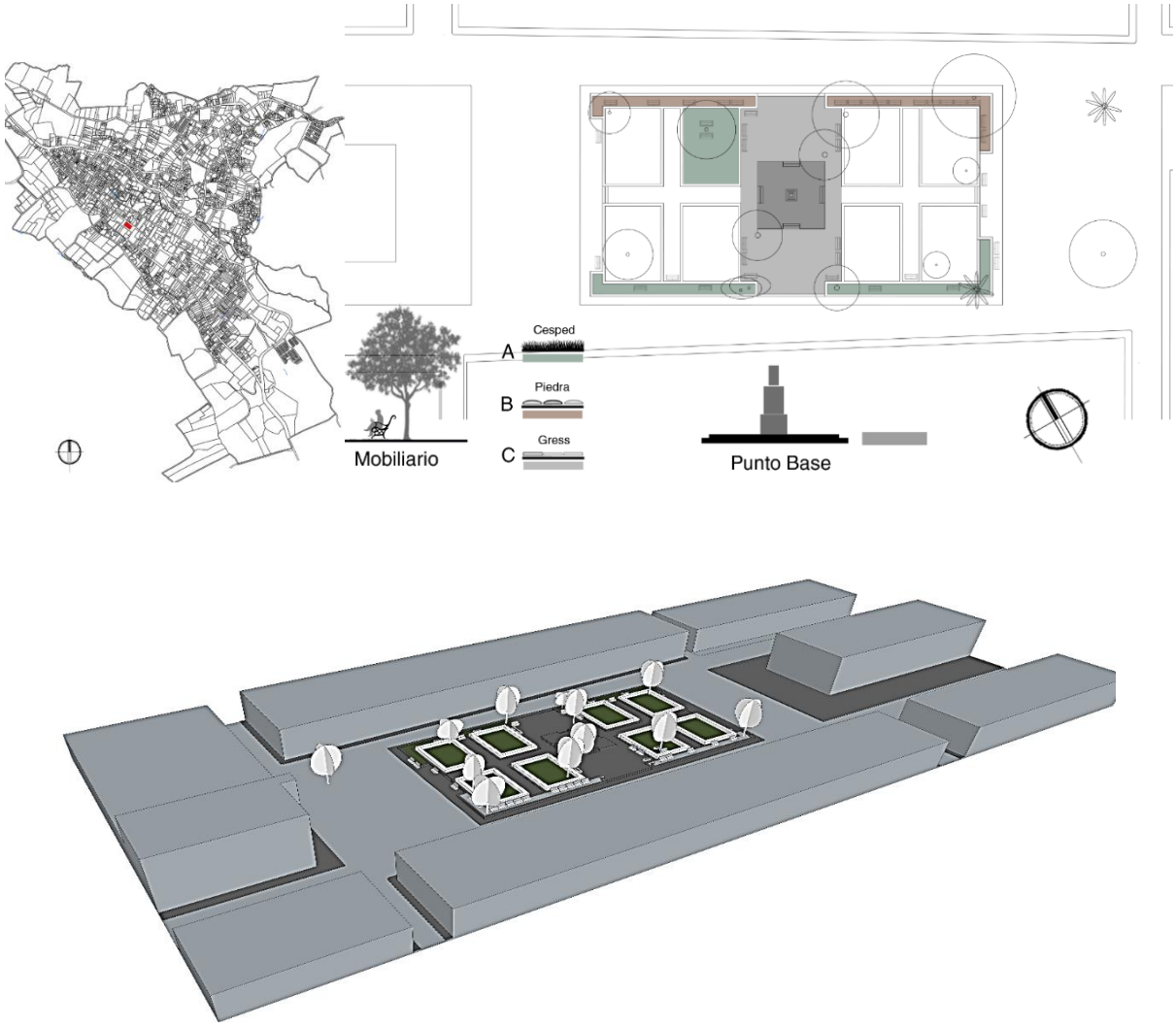
Figura 3: Parque de estudio en El Retiro



En el caso de estudio B, (santa fe de Antioquia) donde los análisis climáticos generales evidencian una temperatura alta constante producto de su ubicación geográfica, donde difícilmente los usuarios experimentan un rango de confort térmico aceptable durante el día, pues incluso en las noches las altas temperaturas permanecen pues la concentración de calor sumada a los materiales del lugar, no logra evacuarse completamente. En Santafé de Antioquia las estancias y las condiciones climáticas generan espacios para el descanso y el reposo del cuerpo, con un mínimo grado de actividad, el lugar de estudio es un parque tradicional de la colonia [Figura 4]. La estancia es el

objeto básico de estudio, entendiéndola como un grupo de elementos que crean uniformidad y unidad, distinguiéndose dentro del espacio como un conjunto que posee una superficie, un mobiliario y una cobertura.

Figura 4: Clima lugares de estudio en Santafé de Antioquia



4. MÉTODO DE ESTUDIO

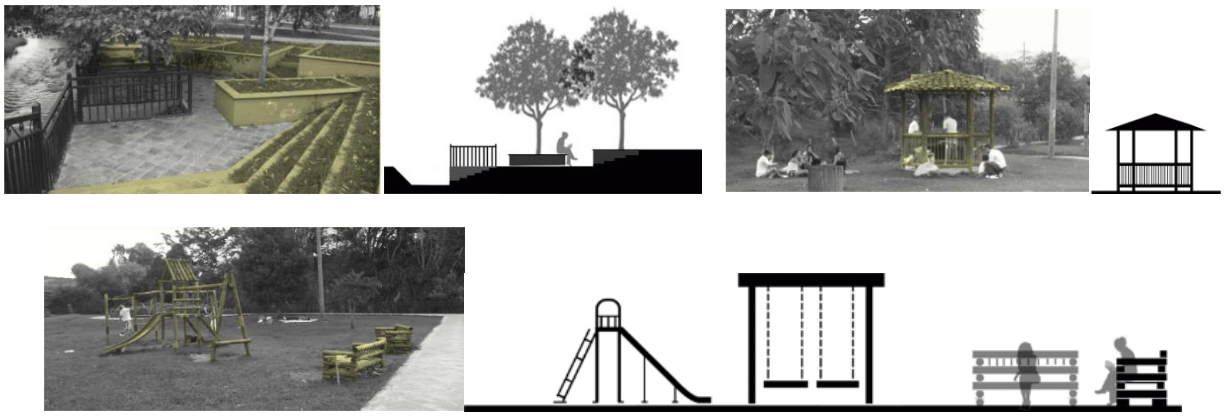
Condiciones físicas: morfología espacial (distribución y diseño de espacio), superficie, mobiliario (se incluye para esta investigación la cobertura como un elemento distinto al mobiliario) y el factor ambiental o climático específicamente la temperatura.
Condiciones cognitivas: tiempo de uso (relacionado con la comodidad) y posturas (indicador de comodidad)

4.1 Fase 1: observación y reconocimiento de las estancias

Se realizaron visitas periódicas a los lugares, Se tomó un registro fotográfico que captó la esencia básica del diseño, materialidad y disposición de las estancias, para luego ser caracterizadas y sintetizadas gráficamente través de esquemas.

El retiro posee dos tipos de estancias básicas que se repiten a lo largo de todo el parque, la estancia B que es un quiosco sin ningún tipo de mobiliario que es su exterior posee un asador, se usa para guardar cosas, no para estar,y la estancia C que con sillas hechas de troncos de madera ubicadas en cualquier punto del parque sin ningún tipo de cobertura que genere sombra sobre estas, por último encontramos una estancia singular que es la estancia A dotada de escalinatas y arborización que le genera sombra, se estudia por ser diferente a los demás mobiliarios [Figura 5].

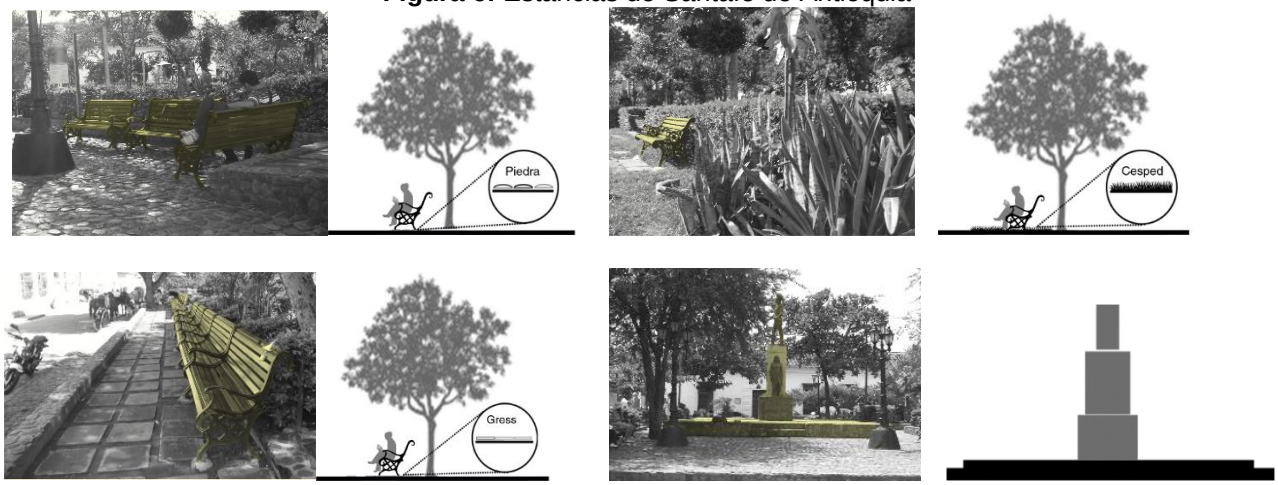
Figura 5: Estancias de El Retiro



Izquierda superior: Estancia A. Derecha superior: Estancia B. Inferior: Estancia C

Santafé se caracteriza por tener un mismo mobiliario (silla de hierro y madera), lo que se estudia en esta ocasión son los diferentes materias de suelo e influencia de las sombras de los árboles y otros objetos según su ubicación u orientación. Se seleccionan las estancias según su superficie en piedra, césped, gres o el punto base que no posee mobiliario [Figura 6].

Figura 6: Estancias de Santafé de Antioquia



De izquierda-derecha, arriba- abajo. Estancia A, B,C y Punto base

Tabla 1: Relación objeto – entorno. Características estancias de El Retiro

ESTANCIA		Superficie		Mobiliario		Cobertura			Proxidades		Actividad proxima	
		Cesped	Concreto	Madera	Concreto	Teja de barro	Madera	Arbol	Arboles	Quebrada	Parque infantil	Asador
A	TEATRINO											
B	KIOSKO - 1											
C	SILLA MADERA											

Se observa en El Retiro gran variación en las estancia, siendo lo más significativo la cobertura (techo, cobertura total; árbol, cobertura parcial; sin cobertura). La posición y disposición de los mobiliarios no es un elemento a tenerse en cuenta porque están ubicados en un gran parque abierto, sin proximidades importantes que le genere sombra por lo que la radiación es casi igual en todas partes [Tabla 1].

en Santafé el mobiliario y la cobertura siempre es la misma, silla en madera y árbol, la única variación es el piso, y la posición y ubicación de las mismas [Tabla 2].
En las relaciones usuario-objeto, las estancias son muy limitadas en ambos casos. En Santafé por el hecho de no tener variación, aunque estas cuentan con tres superficies de contacto, silla, espaldar y piso [Tabla 4]. La limitación del retiro se debe a que las estancias son solo una silla sin cobertura, un quiosco con cobertura pero sin mobiliario para descansar, y el teatino no tiene una actividad que lo respalde. No existe un conjunto total que cumpla con la noción de estancia (superficie, mobiliario, cobertura y una actividad) [Tabla 3].

Tabla 2: Relación objeto – entorno. Características estancias de Santafé de Antioquia

ESTANCIAS		Posición dentro del parque	Orientación	Superficie			Mobiliario	Cobertura	Proxidades		
				Cesped	Piedra	Gress	Madera	Arbol	Arboles	Edificio	Comercio
A	CESPED	SUR	S-N								
B	PIEDRA	CENTRO	CENTRO								
C	GRESS	NORTE	N-S								
D	PUNTO BASE (CENTRO)	CENTRO	CENTRO								

Tabla 3: Relación objeto – usuario. El Retiro

ESTANCIA		Posturas			Superficies de contacto			
A	TEATRINO							
B	KIOSKO -1							
C	SILLA							

Tabla 4: Relación objeto – usuario. Santafé de Antioquia

ESTANCIAS		Posturas			Superficies de contacto			
A	CESPED							
B	PIEDRA							
C	GRESS							
D	PUNTO BASE (CENTRO)							

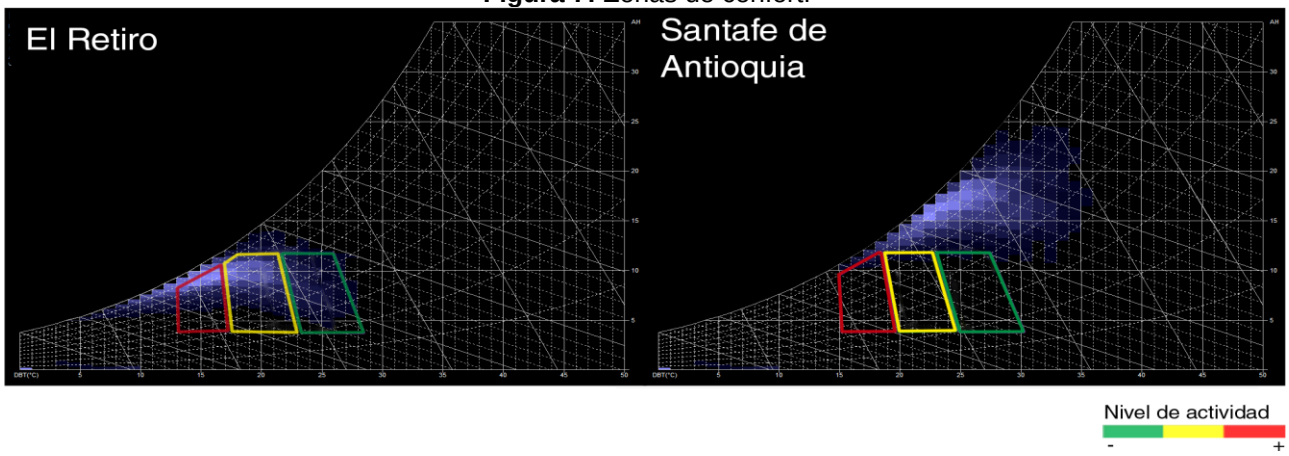
4.2 Fase 2: Medición de temperatura de globo

Se usó un termómetro de globo y sensores (HOBO), dándole una altura aproximada a 60 cm puesto que se pretende registrar la temperatura que se experimenta en el entorno del usuario. Para medir la temperatura se consideró el trabajo realizado por Sierra, Hubert Y Ramírez, en donde se empleó la medición de la temperatura de globo, para entender el comportamiento térmico de materiales individuales

La toma de datos para cada lugar en cada estancia se realizó cada 15 min, el rango horario para cada uno de los lugares fue dado según las dinámicas del lugar, en El Retiro fue de las 10:00 a las 16:00. En Santafé se tomaron mediciones de 9:00 a 18:00, en las primeras horas la apropiación es

muy poca al contrario de las tardes- noche que la apropiación empieza a ser mayor y a darle más importancia a la observación.

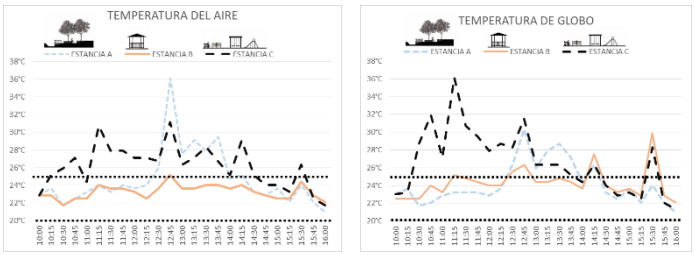
Figura 7: Zonas de confort.



Fuente: Ecotect. Modificación propia

Se observa que en El Retiro la estancia B(quiosco) conserva una temperatura más estable durante todo el día, por la característica es su cobertura, que no permite el paso de la radiación solar dentro de la misma estando dentro del rango de confort para este lugar; al contrario de la estancia C, que incluso se puede tomar como un punto base, ya que recibe las condiciones al aire libre, recibe toda la radiación, no posee ningún tipo de cobertura, por lo que presenta las condiciones más extremas, y la estancia A (teatrino) puede pasar de los extremos de tener sombra y radiación según el follaje del árbol que le sirve de cobertura y que en determinado espacios deja pasar el sol. [Figura 8].

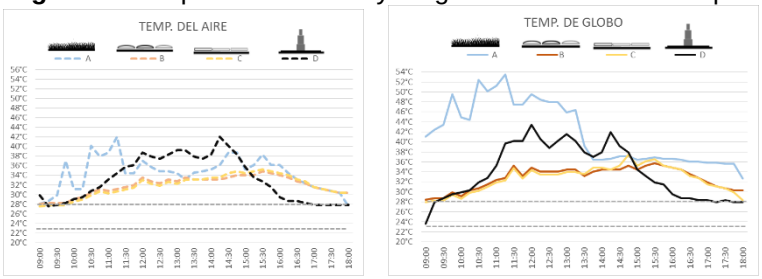
Figura 8: Temperatura de aire y de globo El Retiro



Lineas paralelas punteadas: rango de confort

En santafe la estancia B-C se comportan muy similares y esto esta muy relacionado con la direccion y posicion donde se encuentran, dandoles las radiacion solar del naciente , pero la cercania de arboles le proporciona sombra, la estancia A se encuentra en la posicion mas critica para las ciudades cerca al ecuador. se puede deducir que las temperaturas alcanzadas por las estancias se debe a que el calor se concentra y no se disipa, concluyendo entonces que el mayor inconveniente de este lugar es la acumulacion de calor, que no permite que sus estancias se encuentren dentro de los rangos de confort [Figura 9].

Figura 9: Temperatura de aire y de globo Santafé de Antioquia



Lineas paralelas punteadas: rango de confort

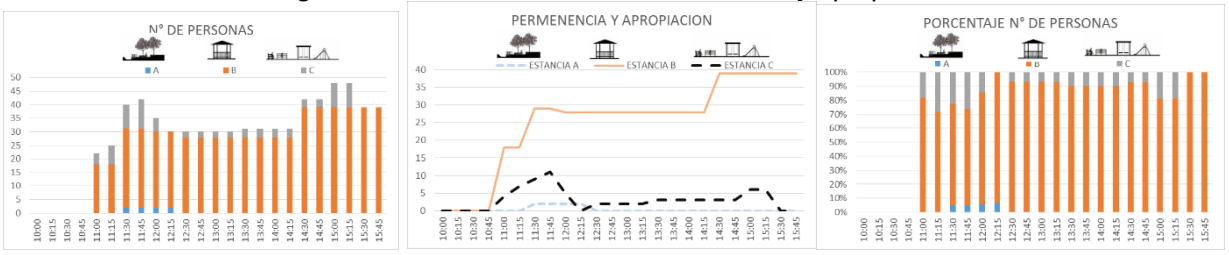
4.3 Fase 3: Permanencia y apropiación

Para esta investigación se optó por la observación y el conteo de la permanencia y apropiación a través de la toma de fotografías. Según las dinámicas del lugar se decidió que para El Retiro al ser un lugar para la larga estadía las mediciones debía ser cada 30 min, y para Santafé cada 15 min por ser de corta permanencia. Esta fue tomada paralelamente con la temperatura, donde se registraron dos parámetros relacionados con la permanencia y apropiación en cada estancia
a. Cantidad de personas
b. Tiempo de permanencia

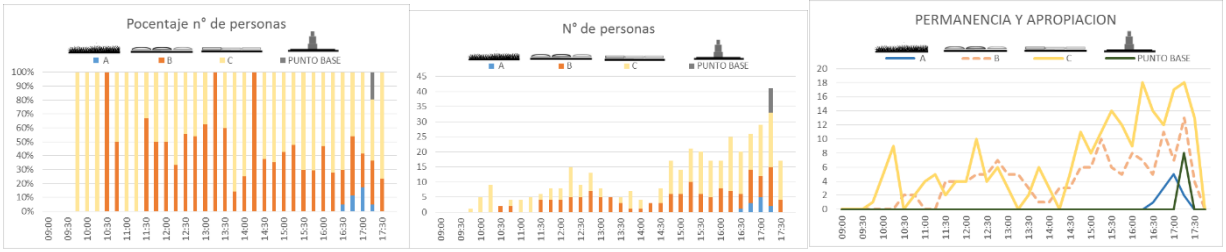
La intensidad de uso en El Retiro es más estable durante todo el día, pero esto se da debido a que son espacios ocupados por familias a lo largo del día, no existe un cambio de usuario Al contrario de Santafé donde se da una corta estadía, por lo que el flujo de usuarios es más marcado, y la larga estadía solo se empieza a notar aproximadamente a las 15:00 horas que la radiación empieza a disminuir y el calor se comienza a disipar.

Se puedo deducir que la estancia más importante en el retiro es la B que permite una mayor apropiación. En Santafé se observa una apropiación muy similar para la estancia B y C que como se analizó anteriormente poseían temperaturas muy similares más estables e inferiores [Figura 10].

Figura 10: Intensidad de uso. Permanencia y apropiación



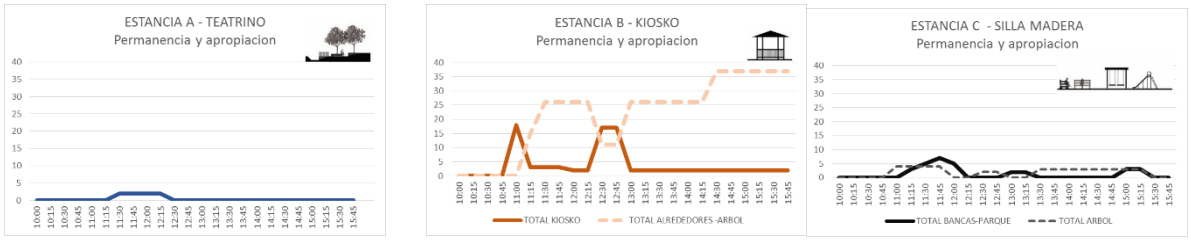
El Retiro



Santa fe de antioquia

El Retiro permite observan una condicion donde la existencia de estancias precarias, la escases de mobiliario que no respondar a las necesidades de los usuarios se originen nuevas estancias que simplemente son una sabana estendida en el suelo bajo la sombra de un arbol. Es claro que la estancia b(kiosko) no es una estancia que satisface las necesitades de convivencia, visuavilidad e interaccion de las familias, siendo esta el mayor motor del paruqe con casi un 90% de la apropiacion, la estancia A tiene una apropiacion casi nula puede deberse a que su ubicación es mas escondida, y la estancia C posee pero es mas por el apoyo que brinda a lso parques infantiles [Figura 11].

Figura 11: Permanencia y apropiación, nuevas estancias El Retiro.



5. DISCUSIÓN

En el ejercicio de la proyección del espacio público cada lugar tiene unas necesidades ligadas a características propias, es por esto que el análisis de estas, permitirá crear lugares susceptibles de apropiación que logren ser espacio de encuentro y esparcimiento para los ciudadanos, en cuanto a los casos analizados, reafirmamos lo anterior, encontrando demandas diferentes para cada uno, el caso A (el retiro) se requiere de estrategias encaminadas a contrarrestar la radiación solar directa y atenuar corrientes de viento frías que son los principales causantes del disconfort térmico de los usuarios. Mientras en el caso de estudio B (santa fe de Antioquia) será la orientación, la ventilación y la sombra, las estrategias fundamentales para mejorar el confort térmico y fomentar la apropiación.

6. CONCLUSIONES

“La disciplina de la arquitectura tiene como objeto principal crear espacios que se adecuen a las necesidades, requerimientos y deseos de quienes van a usarlos, sin embargo también es posible, a partir del diseño y la disposición de los elementos, condicionar los espacios para que sean utilizados inconscientemente por los usuarios, de la manera que el arquitecto desee o imagine” [7].
Un clima frio como el de El Retiro, requiere estrategias de cobertura cobertura, siendo la radiación solar el factor más importante en la incidencia del el confort térmico de una estancia. Se debe considerar rangos horario y ángulos que permitan que la radiación entre en la estancia sin afectar al usuario o atenuar su rayo directo. Por el contrario Santafé es clima cálido presentando concentración de calor, por lo que también se deben pensar en cobertura que contrarresten la radiación y en materiales que no concentren el calor. Además la orientacion del mobiliario en el espacio, en el el caso del clima calido es de vital importancia
Con respecto al mobiliario El Retiro está marcado por una actividad al ser un corredor, pero también se puede pensar en estancias de actividad que apoyen a estas, y estancias que logren albergar grandes grupos que generalmente son familias con estancias prolongadas. En Santafé se pueden experimentar nuevas formas que generen otro tipo de dinámicas o simplemente más posturas

RECONOCIMIENTOS
Los autores desean agradecer al profesor Jorge Hernán Salazar quien orientó y motivó el desarrollo de esta investigación

REFERENCIAS

FLORES, Cecilia. *Ergonomía para el diseño*. México: Editorial Designio, 2001. 241 pp. ISBN 968-5374-02-3.

JOHANSSON, Erik; THORSSON, Sofia; EMMANUEL, Rohinton; KRÜGER, Eduardo. “Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – The need for standardization” 2013, *Urban Climate 10, 2014*, pp. 346–366.

SALAZAR, Jorge Hernán. *Uso y apropiación del espacio público*. Medellín: editorial UN, 2010. 107 pp. ISBN 978-958-97871-3-7.

HALL, Edward. *La dimensión oculta.* Estados Unidos: Editorial siglo XXI, 1966.255 pp. ISNB 968-23-1574-3.

SIERRA, Juan, HUBERT. Hernández & RAMIREZ. Wilmar. Calor en superficie. Pisos públicos para clima cálido tropical, 2002, Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Grupo EMAT.

RENDON, Laura. “Espacios públicos bioclimáticos para la ciudad de Medellín”. Director: Jorge Hernán Salazar. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Ciudad de Medellín, 2010.

324.ELEMENTOS DE SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA VERNACULAR NO BRASIL

DAL AGNOL, Bruna[1](bru_dalagnol@hotmail.com); ALMEIDA, Caliane C. O.[2] (caliane.silva@imed.edu.br)
[1]Faculdade Meridional (IMED), taxista PROSUP/CAPES, Brasil
[2]Faculdade Meridional (IMED), Brasil

RESUMO
O patrimônio vernacular materializa uma série de características econômicas, geográficas, ambientais, sociais e culturais dos lugares onde se insere, tornando-se um elemento definidor da identidade construtiva de uma região. O modo de construir tradicional foi adaptado, ao longo dos anos, aos variados aspectos físico-climáticos – a exemplo do alargamento do uso de materiais disponíveis no meio – culminando em estratégias bioclimáticas eficientes que resultaram do conhecimento empírico. No entanto, com o advento da indústria e da tecnologia, dentre outros aspectos, as construções tidas como vernaculares foram associadas a diversos estigmas, dentre eles ao subdesenvolvimento e à pobreza. Atualmente, perante as crescentes preocupações referentes aos impactos ambientais gerados pela ação antrópica, principalmente no setor da construção civil, há uma intensa busca pela geração de energia mais limpa, edifícios mais eficientes e otimização do uso dos recursos naturais. Diante disso, mostra-se relevante o resgate dos conhecimentos aplicados pela população nas diferentes regiões do país, rompendo os paradigmas que a envolvem e adaptando essa sabedoria ao contexto atual. Dessa forma, são apresentados neste artigo, por meio de uma revisão bibliográfica, dois exemplos de técnicas construtivas vernaculares brasileiras, observadas em estados como o Rio Grande do Norte e o Rio Grande do Sul: a taipa e a madeira, respectivamente. Por meio das análises pode-se perceber que estas construções, apesar de materializarem a história construtiva das comunidades onde estão implantadas, ainda são associadas a antigos estigmas, que devem ser superados a favor de uma forma de construir mais racional e sustentável.
Palavras-chave: Patrimônio; Arquitetura Vernacular; Técnicas construtivas regionais; Estigmas; Sustentabilidade.

ELEMENTS OF SUSTAINABILITY IN VERNACULAR ARCHITECTURE IN BRAZIL

ABSTRACT
The vernacular heritage embodies a series of economic, geographic, environmental, social and cultural characteristics of the places where it is located, becoming a definator element of the identity of a region. The traditional construction way knew, through the years, to adapt itself to the climate and to the available resources in the environment, developing bioclimatic strategies through a basically empirical knowledge. However, with the advent of the industry and of the technology, the vernacular buildings were associated to the underdevelopment and to the poverty. Currently, face of the increasing concern about the consequences of environmental impacts caused by the man, especially because of the construction sector, there is a search for cleaner energies, more efficient buildings and optimization of the resources. That said, it is shown relevant rescue of the acquired knowledge by regional and popular architecture, breaking the paradigms that surround it and adapting this knowledge to the current context. It is presented in this article, through a literature

review, two examples of vernacular building techniques present in Brazil: a mud house and the stone and wood house. Through the analysis we can see that these buildings are still surrounded by stigmas, which must be overcome in favor of a more rational and sustainable way to build, besides materializing the history of a people.
Keywords: Heritage; vernacular architecture; regional construction techniques; stigmas; sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Os materiais tradicionalmente usados na construção das moradias foram, por um bom tempo, os disponíveis pelo meio, como a madeira, a terra e a pedra. Segundo Carlos A. C. Lemos (1993, p.101), a moradia no Brasil, até fins do século XIX, “pertencia a um patrimônio cultural estruturado por vínculos e relações necessárias entre aquilo que o meio ambiente oferecia e o ‘saber fazer’ nacional, atendendo a expectativas próprias de uma sociedade praticamente isolada do mundo.” De modo geral, a partir da Revolução Industrial, o programa de necessidades, os equipamentos e as técnicas construtivas utilizadas sofreram grandes alterações. Nesse contexto, a busca por novos materiais, técnicas e pela padronização de produtos e procesos, impulsionadas pela industrialização e pela globalização levaram, dentre outros aspectos, a modelos e referências, de certo modo, homogeneizadas e contribuíram para a disseminação de uma arquitetura universal afastada do seu meio, dependente de energia, exploradora de recursos e geradora de resíduos.
Na esfera mundial, perante os atuais problemas ambientais, sociais e econômicos percebidos é imprescindível a adaptação da arquitetura a um processo de projeto de construção mais sustentável. A Agenda 21 Global, acordada e assinada por 179 países na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 – mais conhecida como Rio 92 – declara que, para que os objetivos de qualidade ambiental e desenvolvimento sustentável sejam alcançados, são necessárias mudanças nos atuais padrões de consumo, priorizando o “uso ótimo de recursos” e com o mínimo de desperdício (AGENDA 21 GLOBAL, 1992, p.03). Posteriormente, no ano de 2016, foi realizado em Quito, no Equador, a Terceira Conferência das Nações Unidas sobre Moradia e Desenvolvimento Urbano Sustentável, a HABITAT III, onde as delegações presentes adotaram a Nova Agenda Urbana. Entre as principais disposições deste documento, que orientará a urbanização sustentável para os próximos 20 anos, estão a redução das emissões de carbono e a implementação de melhores inciativas verdes. Este documento é uma extensão da Agenda 2030, lançada em 2015 durante a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, que reflete os novos desafios do desenvolvimento (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2016).
Dada a necessidade latente de se modificar o atual processo de construção e os materiais utilizados, que causem menor impacto ao meio ambiente de uma maneira geral, torna-se pertinente retomar aspectos construtivos do passado e da arquitetura vernacular, uma vez que ela tem muito a colaborar para a promoção de um modo de construir mais consciente, pois esta inclui, de forma intuitiva, conceitos bioclimáticos que possuem grande potencial de adaptação às edificações contemporâneas.

2. OBJETIVO

Assim, o objetivo principal deste artigo é realizar a análise de dois tipos de técnicas construtivas vernaculares utilizadas no Brasil em diferentes climas e em diferentes momentos históricos, e apontar que, apesar de possuírem uma imagem popular estigmatizada, quando são bem

empregadas elas podem trazer grandes vantagens para o usuário e para o meio ambiente. As técnicas estudadas são a da construção em terra, muito comum no período do Brasil Colônia e que ainda é utilizada em algumas regiões – principalmente nos estados do nordeste – e a construção em madeira, popular entre os imigrantes europeus e seus descendentes na região sul do país.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Quanto aos procedimentos metodológicos, vale mencionar que este artigo foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica sobre a temática da arquitetura vernacular em livros de autores como Costa (2006), Lemos (1979, 1986 e 1993) e Weimer (2012). Também utilizou-se como referência dissertações e teses defendidas em conceituados programas de pós-graduação do país e artigos publicados em periódicos qualificados da área da Arquitetura e Urbanismo e que tratam do tema, além de pesquisa documental em Cartas Patrimoniais e demais documentos – como a Agenda 21 Global e a Agenda 2030 – para entender quais são as ações prioritárias a nível global em relação ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. Foi realizada, também, uma pesquisa de campo em uma casa de madeira típica da região de colonização italiana, onde foi feito um walkthrough, com anotações, registro fotográfico e observações in loco sobre a implantação da residência e os materiais utilizados no piso, no forro, nos fechamentos, na estrutura e nas esquadrias, dentre outras informações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Arquitetura vernácula: interação com o meio

De uma maneira geral, grande parte das habitações mundo afora não foi erigida por profissionais, mas sim por pessoas comuns que adquiriram conhecimento por meio de um processo contínuo, com sucessivas adaptações às necessidades sociais e ambientais; o que comumente se classifica como moradia popular.

A arquitetura feita pelo povo evidencia as particularidades do local onde está inserida, mostrando a habilidade dos populares em utilizar os recursos disponíveis necessários para a sua concepção. Para Lúcio Costa “a arquitetura regional autêntica tem as suas raízes na terra; é produto espontâneo das necessidades e conveniências da economia e do meio físico e social e se desenvolve, com tecnologia a um tempo incipiente e apurada, à feição da índole e do engenho de cada povo; (...)”(2006, 4. ed. p.11). A essa arquitetura popular, exercida sem conhecimento erudito, foi dado o nome de vernacular ou vernácula. Em seu trabalho “História da Casa Brasileira”, Lemos (1989) definiu a arquitetura vernácula como uma expressão cultural, que percorre gerações e que só pode ser daquele povo e daquele sítio onde foi construída.

Tal arquitetura, adaptada às condições locais, deu aos edifícios uma identidade própria, caracterizando a imagem arquitetônica de cada região. A Carta do Patrimônio Vernáculo Construído, ratificada em 1999 no México, afirma que este patrimônio expressa a identidade de uma comunidade, as relações desta com o território e a expressão da diversidade cultural do mundo (CARTA DEL PATRIMONIO VERNÁCULO CONSTRUIDO, 1999). Isto mostra que, apesar de sua simplicidade, a arquitetura vernacular e popular tem um grande valor patrimonial, já que, além de carregar um importante conhecimento sobre estratégias bioclimáticas, também expressa a imagem e a identidade de uma região.

O Brasil, sendo um país com grande complexidade cultural e extensas dimensões, dispõe de exemplares variados dessa arquitetura, cada qual carregando as singularidades e sutilezas de sua

localidade. As técnicas e os materiais utilizados nessas construções são variados, sendo a madeira, o barro, o bambu e folhagens os mais frequentes. Mais precisamente, neste trabalho, foram analisados dois exemplos regionais: a casa de taipa, popular em várias regiões do Brasil, em especial no Nordeste, e a casa de madeira, comum nas regiões de imigração italiana, principalmente no estado do Rio Grande do Sul.

4.1.1 A arquitetura de terra

O termo *taipa* define uma técnica milenar que utiliza o solo como matéria-prima básica na construção. As taipas de pilão e de mão – também conhecida como pau a pique, sopapo ou sebe – foram amplamente utilizadas na construção de moradias no ciclo bandeirista no Brasil, principalmente esta última. A primeira recebe esse nome por ser socada com o auxílio de formas e pilões (PISANI, 2004); já a taipa de mão consiste numa estrutura de madeira entrelaçada e preenchida com barro (figura 1).
De acordo com Lemos (1979, p.16) “o império bandeirante foi o império da taipa, da terra socada, da construção barata e firme”. Conforme Almeida (2007), a técnica – trazida ao Brasil pelos portugueses – foi ao longo do tempo se readequando ao clima local, sendo utilizada até os dias atuais, principalmente nos estados do Norte e do Nordeste, onde a taipa de mão foi e é largamente empregada na construção de moradias para a população de baixa renda (figura 2).

Figura 4. ***Parede em taipa de mão***



Fonte: ALMEIDA (2007).

Figura 5. ***Habitação social em taipa com fachada em alvenaria de tijolo, Natal, RN***



Fonte: ALMEIDA (2007).

Em seu estudo sobre as habitações sociais na cidade de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte, Almeida (2007) afirma que a construção em taipa, quando utilizada corretamente, mostra-se bastante resistente e econômica, de qualidade social e ambiental, adequada ao clima e às necessidades dos ambientes de climas áridos.

Segundo o sistema de classificação de Koppen (1948), Natal possui um clima tropical úmido (As'), evidenciado por chuvas de inverno e verão seco. Sua posição litorânea faz com que a amplitude térmica durante o ano seja relativamente baixa, com temperatura média de 24ºC no inverno e de 30ºC no verão. Especialmente nesse tipo de clima a taipa mostra ter grande eficiência térmica, pois o barro cru regula a umidade do ambiente e armazena calor durante o dia, liberando-o lentamente à noite (PISANI, 2004) e mantendo, assim, o conforto no interior da construção. Além disso, o barro é um material resistente ao fogo e com boas propriedades acústicas.
Esta é uma técnica que não agride o meio ambiente, já que na preparação da taipa é necessário somente de 1 a 2% da energia despendida com uma construção similar com concreto armado ou tijolos cozidos (PISANI, 2004). Ademais, segundo Pisani (2004), as construções podem ser demolidas e seu material reutilizado inúmeras vezes. Além da sustentabilidade ambiental, a técnica compreende os outros dois pilares da sustentabilidade: a social e a econômica. As duas últimas são alcançadas porque a taipa possui baixo custo e não precisa de mão-de-obra especializada, podendo ser construída em mutirão, o que barateia ainda mais a obra e a transforma em uma alternativa provável para a diminuição do déficit de moradia no país.
Apesar de todas essas vantagens, a taipa carrega consigo o estigma de ser anti-higiênica. Isto porque o barro não é um material impermeável e, quando edificada de forma rudimentar, as paredes podem retrair-se com a evaporação da água, apresentando rachaduras e trincas que abrigam insetos, entre eles o barbeiro, responsável pela transmissão da doença de Chagas (PISANI, 2004) e (ALMEIDA, 2007). Esse problema pode ser facilmente resolvido com tratamentos em sua superfície e uma boa impermeabilização das áreas próximas ao solo (ALMEIDA, 2007).
È importante ressaltar que os estigmas que essa técnica carrega "resultaram em verdadeiros programas de erradicação dessa tipologia construtiva nos séculos XIX e XX em diversas partes do país" (ALMEIDA, 2007, p.212), fazendo com que a taipa fosse ignorada pelas administrações públicas, desprezando, assim, seu grande potencial social.
Apesar de a política habitacional atual não prever o uso da terra em seus programas, um número considerável de conjuntos habitacionais passaram a ser construídos em mutirão a partir dos anos 2000, com o apoio de universidades e ONGS brasileiras (CARVALHO; TEIXEIRA, 2016). Entre eles se destacam a produção de casas em adobe para o Assentamento Rural Sepé Tiaraju, no estado de São Paulo, pelo grupo HABIS, da USP (Universidade de São Paulo) e a produção de tijolos de *solo cimento* (uma mistura composta por terra, cimento e água) pela ONG Ação Moradia, que contribui para a produção de habitações populares em projetos como o Lua Nova, em Sorocaba, São Paulo, e o Residencial Campo Alegre em Uberlândia, Minas Gerais (CARVALHO; TEIXEIRA, 2016).

4.1.2 O uso da madeira pelos imigrantes italianos no sul do Brasil

Por entre os imigrantes italianos que se estabeleceram no sul do país a partir de fins do século XIX, advindos principalmente do norte da Itália, de acordo com diversos autores que se basearam em relatos orais, as técnicas de construção mais comuns no seu país de origem eram em pedra e em alvenaria. Porém, o isolamento e a grande falta de recursos fez com que adaptassem esse conhecimento para trabalhar com o material disponível abundantemente na região: a pedra basalto e a madeira das florestas, principalmente da araucária. De acordo com Weimer (2012, p.173), os imigrantes "reservaram as construções de pedra para as fundações, sobre as quais passaram a erguer construções de madeira". A grande maioria das casas apresentava a estrutura, os fechamentos e a cobertura em madeira. Aproveitando-se do terreno em declive, os imigrantes construiam suas casas de tal maneira que o porão (geralmente de basalto) ficasse semienterrado,

criando um ambiente fresco e úmido, ideal para armazenamento do vinho e de alimentos como o queijo e embutidos de carne. Já o sótão era amplamente ventilado, um espaço quente e seco que servia para o depósito e secagem de cereais (WEIMER, 2012).
Os benefícios da madeira na construção são inúmeros. É um material reciclável, biodegradável e renovável, além do baixo consumo de energia para a sua transformação. Se manejada corretamente, de forma sustentável, mantém as florestas preservadas e renovadas, as quais são essenciais para a qualidade do ar, pois funcionam como um mecanismo de fixação de CO2 (MARQUES, 2008). Conforme Marques (2008), a madeira também tem alta resistência específica, apresentando bom desempenho estrutural e, quando recebe uma manutenção adequada e evitando sua exposição a grandes variações de umidade, apresenta boa durabilidade. Por ser porosa, a madeira possui a propriedade de ser má condutora de calor, apresentando baixa condutividade térmica e podendo atuar como isolante térmico (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). O quadro abaixo compara a condutividade térmica da madeira com a de outros materiais:

Quadro 1. Valores da condutividade térmica de cada material/produto

Material/Produto	ʎ (W/m. ºC)
Aço	50
Alumínio	230
Betão (inertes correntes)	2.0
Bloco cerâmico	0.6
Argamassa à base de cimento Portland	1.3
Cobre	380
Madeira maciça (semi-densa)	0.18
Madeira Laminada Colada	0.13
Pedra de granito	2.8
Poliestireno expandido extruido	0.037
Vidro	1.1

Fonte: SANTOS e MATIAS (2006)

Para maior entendimento e familiarização com esse tipo de construção, foi realizado um *walkthrough* em uma residência localizada na zona rural do município de Casca, localizado na região Norte do Rio Grande do Sul. Esse método de avaliação pós-ocupação, segundo Rheingantz (2009), “possibilita a identificação descritiva dos aspectos negativos e positivos dos ambientes analisados”. Isso acontece porque em um *walktrough*, além de analisar as características físicas e ambientais da construção, o pesquisador pode observar as reações do morador em relação a cada espaço percorrido, obtendo um maior apontamento das falhas e dos aspectos positivos do ambiente analisado.
Casca está localizada entre a região serrana e o Planalto Médio do Estado, numa zona de Mata Atlântida. De acordo com Moreno (1961), a região se enquadra, pelo sistema de Koppen, no clima subtropical úmido (Cfa), com chuvas distribuidas durante todos os meses do ano, temperatura média do mês mais quente superior à 22ºC e apresentando grande amplitude térmica entre os meses de verão e de inverno.
A residência analisada e apresentada neste estudo, segundo seus moradores, foi construída no início do século XX pelo imigrante Luigi Pinzetta – vindo da Itália em 1878 – para um de seus netos. A construção possui estrutura, vedação e piso em madeira de araucária, muito comum na região. Suas esquadrias e telhado originais, que também foram edificadas em madeira, foram substituídos

na década de 1990 por esquadrias de alumínio e telhas metálicas, pois na época da construção não receberam tratamento adequado e apresentavam sinais de deteriorização. O porão da casa, que antes era de pedra basalto, foi reformado e suas pedras substituídas por alvenaria de tijolos. De acordo com os moradores, essa mudança se fez necessária porque haviam frestas entre as pedras que abrigavam pequenos roedores e insetos. Apesar dessas modificações, sua estrutura (figura 3), seu piso e suas paredes de madeira de araucária se encontram em perfeito estado de conservação depois de quase um século de vida, fato este que vem a reforçar os aspectos de durabilidade e resistência desta técnica construtiva.

Figura 3. ***Porão com estrutura em madeira trabalhada manualmente***



Fonte: Acervo pessoal (2016).

Em entrevista, a moradora afirmou que a temperatura no interior da residência é confortável tanto no verão quanto no inverno, ressaltando que, nos dias mais frios, a casa é aquecida com a ajuda do fogão à lenha. O conforto relatado pode ser justificado pela baixa condutividade térmica da madeira que, como mencionado anteriormente, faz com que o material atue como isolante térmico, mantendo a temperatura agradável dentro do edifício, salvo em condições mais extremas.
A exposição do material sem o adequado tratamento às intempéries ao longo dos anos resultou na parcial deteriorização do material nas áreas externas da edificação analisada, como se pode observar na figura 4. Esse efeito pode ser retardado, atualmente, com o uso de tintas e vernizes que possuam ação hidrofugante e que protejam a madeira da ação dos raios ultravioletas. Além disso, em alguns pontos, as madeiras estão deterioradas por ataques de agentes biológicos como fungos e insetos. Mas, se a madeira for devidamente preparada e utilizada, sendo submetida a um tratamento preservador quando necessário, a probabilidade de surgirem casos graves de deterioração por ação biológica é bastante reduzido (CRUZ; NUNES, 2008).

Figura 3. ***Moradia em madeira do começo do séc. XX***



Fonte: Acervo pessoal (2016).

Ainda assim, com todos os benefícios do uso da madeira, essas edificações foram sendo substituídas por construções em alvenaria, pois também carregavam os estigmas da cultura italiana no Brasil, relacionados às restrições políticas sofridas e à pobreza dos primeiros anos no novo país (ZANINI, 2004). As campanhas nacionalizadoras do Estado Novo (1937-1945) já haviam coibido as manifestações de culturas estrangeiras no Brasil, mas foi durante a Segunda Guerra Mundial, com as posições políticas adotadas pelo governo brasileiro contra o Eixo – formado pela Itália, Alemanha e Japão – que os imigrantes italianos e seus descendentes passaram a sofrer recorrentes perseguições e humilhações públicas (ZANINI, 2004). Além disso, as edificações em madeira ainda são associadas por alguns descententes ao passado de pobreza e privações vivenciado por eles e pelas gerações anteriores. Esses estigmas fizeram com que, por várias gerações, os costumes e a memória dos colonizadores fossem reprimidos.

Tais preconceitos devem ser desmistificados, pois, além dessas construções resultarem da adaptação do conhecimento e da criatividade dos imigrantes italianos, elas materializam a história e a memória desse povo, fazendo parte da formação da identidade das comunidades onde estão inseridas.

5. CONCLUSÃO

A Agenda 21 registrou, ainda em 1992, a grande capacidade destrutiva do meio ambiente que a indústria da construção civil possui e fez recomendações que, se forem seguidas, podem ajudar a reverter esse cenário. Entre as recomendações está a promoção de técnicas tradicionais, com recursos naturais, próprias da arquitetura popular, reafirmados, mais recentemente, pela Agenda 2030. Esta temática já vinha sendo colocada pelo corpo técnico e letrado envolto com as questões da construção civil desde a década de 1930, rendendo diversos movimentos em prol da utilização da arquitetura vernácula, seus materiais e soluções construtivas (movimento de identidade nacional – Lúcio Costa; Movimento Tropicalista – Gilberto Freire; etc.). A questão foi retomada em 1960, no contexto de crise do movimento moderno e revalorização de aspectos culturais e arquitetônicos típicos do nosso país, encabeçada por figuras como Lina Bo Bardi e Mário de Andrade.

Esta arquitetura vernacular, resultado de um processo contínuo de observação e de tentativas de adequação ao meio, traz consigo um conhecimento oriundo de sucessivas gerações. De modo geral, a arquitetura e as soluções dadas pela população às suas construções sofreram processos discriminatórios e excludentes ao longo de toda a história em nosso país. O estudo desenvolvido neste trabalho mostra que, apesar dos benefícios apresentados por técnicas como a taipa de mão

e a madeira – esta última com seu bom desempenho observado durante a realização do *walktrouth* –, o preconceito existente ainda é um empecilho na propagação de seu uso.
Se tratando da taipa, alguns países como a Alemanha e a Austrália, nas últimas décadas, começaram a encarar essa técnica como uma alternativa bastante credível à construção corrente, desenvolvendo uma regulamentação específica para a construção em terra (TORGAL; EIRES; JALALI, 2009). No que diz respeito ao Brasil, o futuro da técnica construtiva deve passar, além do processo de desmistificação, pelo reconhecimento institucional da importância desse tipo de construção, traduzido em regulamentação própria, a exemplo dos países acima citados. Dessa forma, com profissionais qualificados para a construção em terra e devido acompanhamento e instrução das obras feitas em mutirão, os problemas higiênicos relacionados à técnica provavelmente seriam evitados.
Por outro lado, o uso da madeira tem grande aceitação em vários países, especialmente nos continentes europeu e americano. O preconceito encontrado no Brasil, seja relacionado à cultura, como é o caso apresentado neste artigo, ou relacionado ao comportamento do material – devido a falta de conhecimento e de técnica acerca das suas propriedades, que levam ao uso inadequado deste –, impedem que essa técnica tenha um uso mais intensivo na construção civil brasileira.
Portanto, é fundamental um processo inverso para desmistificar o uso de materiais, programas e tipologias dadas pela população aos mais diversos problemas construtivos e/ou habitacionais, incorporando-os, inclusive, nas políticas e programas habitacionais em nosso país. Além disso, estes possuem um grande potencial ecológico e sustentável, e podem ser aprimorados em direção a uma nova forma de construir, aliando novas técnicas aos conhecimentos fundamentados no passado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Caliane Christie Oliveira de. Habitação Social: origens e produção (Natal, 1889 – 1964). Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

Carta del Patrimônio Vernáculo Construído. Ratificada por la 12ª Asamblea General em México, em octubre de 1999. Disponível em <http://www.icomos.org/charters/vernacular_sp.pdf> Acesso 06 de outubro de 2016.

CARVALHO, Bárbara; TEIXEIRA, Levi. Construção em terra crua contemporânea: mapeamento dos escritórios e construtoras no Brasil e em Portugal. In: II CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS. 2016

Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap04.pdf> Acesso em 07 de outubro de 2016.

COSTA, Lucio. Arquitetura. 4. ed. Rio de Janeiro, Editora José Olympio, 2006. 162 p.

CRUZ, Helena; NUNES, Lina. A madeira como material de construção. Núcleo de Estruturas de Madeira. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa, 2008.

KÖPPEN, W. Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Economica. Mexico, 1948.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. Rio de Janeiro, Editora ELETROBRAS/PROCEL, 2004 (3ª edição). 366 p.

LEMOS, Carlos A. C.. Arquitetura brasileira. São Paulo: Melhoramentos, 1979.

LEMOS, Carlos A. C. História da casa brasileira. São Paulo: Pinsky, 1989.

LEMOS, Carlos A. C. Transformações do espaço habitacional ocorridas na arquitetura brasileira do século XIX. São Paulo, Anais do Museu Paulista, nova série, nº1, 1993. p. 95-106.

MARQUES, Luís Eduardo Menezes Marinho. O papel da madeira na sustentabilidade da construção. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

MORENO, José Alberto. Clima do Rio grande do Sul. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, n. 11, p. 49-83, 1961.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Disponível em <https://nacoesunidas.org/habitat-iii-paises-adotam-nova-agenda-para-urbanizacao-sustentavel/> Acesso em 19 de março de 2017.

PISANI, Maria Augusta Justi. Taipas: a arquitetura de terra. Sinergia-Revista do Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo, São Paulo, v. 5, n. 1, 2004.

RHEINGANTZ, Paulo Afonso et al. Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação. Rio de Janeiro: Coleção PROARQ, FAU-UFRJ, 2009.

SANTOS, Carlos; MATIAS, Luís. Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios. LNEC, Lisboa, 2006.

TORGAL, Fernando Pacheco; EIRES, R.; JALALI, Said. Construção em terra. Tecminho, 2009.

WEIMER, Gunter. Arquitetura Popular Brasileira. São Paulo, Editora WMF Martins Fontes, 2012 (2ª edição). 333 p.

ZANINI, Maria Catarina Chitolina. A família como patrimônio: a construção de memórias entre descendentes de imigrantes italianos. CAMPOS-Revista de Antropologia Social, v. 5, n. 1, 2004.

368. DIRETRIZES BIOCLIMÁTICAS PARA CIDADE DE ARAPIRACA-AL A PARTIR DO MÉTODO DE MAHONEY NEBULOSO

SILVA, Mônica F.[1](monica_fers@hotmail.com); NUNES, Ana M. L. A.[1] (amnunes.arq@gmail.com); BARBOSA, Ricardo V. R.[1](rvictor@arapiraca.ufal.br)*
[1] Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Um dos principais métodos para se obter sugestões projetuais bioclimáticas é o Método de Mahoney Tradicional (MMT). Porém, este método mostra-se incoerente para regiões de clima intermediário. Arapiraca situa-se em região intermediária entre o clima semiárido e a costa úmida. Neste sentido, o Método de Mahoney Nebuloso (MMN) torna-se mais eficaz. Este estudo objetiva identificar diretrizes construtivas e urbanísticas para Arapiraca por meio do confrontamento entre o MMT e o MMN levando-se em consideração o perfil climático preliminar da cidade indicado pelos dados climáticos obtidos. A primeira etapa da metodologia foi a caracterização climática da cidade por meio de tabulação e tratamento estatístico dos dados climáticos coletados pela estação automática do INMET na cidade. A segunda etapa foi a análise das indicações construtivas segundo o MMN, que é uma adaptação do MMT. O método consiste na aplicação de pertinências às variáveis qualitativas da análise de Mahoney, isto é, cada variável qualitativa é um grupo nebuloso e a análise consiste na verificação da pertinência dos dados locais a cada grupo. Os resultados mostraram que, de maio a setembro, a temperatura do ar é menos elevada, a umidade relativa do ar é alta e a amplitude térmica tem pequena variação entre a noite e o dia. De outubro a abril, a temperatura é relativamente alta, a umidade do ar é menor e a amplitude térmica entre a noite e o dia é expressivamente alta. No MMN, notou-se que as sugestões construtivas foram parecidas com as do MMT. Porém o indicador climático A2 surge com grande grau de pertinência, enquanto que no MMT, ele sequer aparece. Por isto, a estratégia “espaço necessário para dormir ao ar livre” é indicada. Esta pesquisa confirmou a necessidade de complementação do MMT pelo MMN para Arapiraca, assim como obteve êxito em traçar estratégias bioclimáticas para a cidade.
Palavras-chave: Arapiraca. Bioclimatologia. Método de Mahoney Nebuloso.

BIOCLIMATIC GUIDELINES FOR ARAPIRACA-AL CITY ACCORDING TO FUZZY MAHONEY’S METHOD

ABSTRACT
One of the main methods for obtaining bioclimatic design cues is the Traditional Mahoney’s Method (TMM). However, this method is inconsistent for intermediate climate regions. Arapiraca is located between the semi-arid climate and the humid coast. In this sense, the Fuzzy Mahoney’s Method (FMM) becomes more effective. This study aims to identify constructive and urban planning guidelines for Arapiraca through the confrontation between the TMM and the FMM, taking into account the preliminary climatic profile of the city indicated by the climatic data obtained. The first step of the methodology was the climatic characterization of the city by tabulation and statistical treatment of the climatic data collected by the INMET’s automatic station at the city. The second step was the analysis of constructive indications according to FMM, which is an adaptation of TMM. The method consists of applying pertinences to the qualitative variables of Mahoney’s analysis, that is, each qualitative variable is a fuzzy group and the analysis consists of the verification of the pertinence of the local data to each group. The results showed that, from May to September, the air

temperature is lower, the relative air humidity is high and the thermal amplitude has a small variation between night and day. From October to April, the temperature is relatively high, the air humidity is lower and the temperature range between night and day is expressively high. In FMM, it was noted that the constructive suggestions were similar to those of TMM. However, the climatic indicator A2 appears with great degree of pertinence, whereas in the TMM, it does not even appear. Therefore, the strategy "space required for outdoor sleeping" is indicated. This research confirmed the need for complementation of the TMM by the FMM to Arapiraca, as well as succeeded in tracing bioclimatic strategies for the city.
Keywords: Arapiraca; Bioclimatology; Fuzzy Mahoney's Method

1. INTRODUÇÃO

A produção arquitetônica de Arapiraca, cidade situada na mesorregião do Agreste alagoano, na maioria dos casos, não foi pensada considerando o contexto climático local. A inadequação com este acarreta no desconforto térmico dos usuários dessas edificações.
"A arquitetura possui um papel importante na busca pela produção de espaços mais sustentáveis que visem o conforto ambiental dos usuários" (PASSOS, 2009). Para isto, "o estudo das variáveis climáticas e sua relação com a edificação é indispensável, pois possibilita o entendimento físico dos vários processos climáticos relacionados à edificação, interferindo positivamente nas decisões de projeto" (CORREA; BARBIRATO, 2013).
Para dar subsídio aos profissionais na concepção de projetos, existem metodologias que, baseadas nos dados climáticos de cada localidade, dão diretrizes projetuais bioclimáticas que, "fazendo uso da tecnologia que se baseia na correta aplicação dos elementos arquitetônicos, pretendem fornecer ao ambiente construído, um alto grau de conforto higrotérmico, com baixo consumo energético" (BOGO et al, 1994).
Arapiraca é uma cidade relativamente jovem e possui poucas pesquisas acerca de estratégias bioclimáticas para a mesma. Até pouco tempo, os profissionais da região não possuíam ferramentas para nortear o projetar na cidade, mas, a partir de 2008, foi implantada uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no município, o que possibilitou obter-se dados climáticos da cidade, úteis para serem aplicados em instrumentos de auxílio projetual.
Em pesquisa anterior, foram identificadas recomendações projetuais para Arapiraca de acordo com o Método de Mahoney Tradicional. Porém esse método se mostrou contraditório para regiões de clima intermediário, indicando recomendações diferentes para dois grupos de dados climáticos estatisticamente iguais de uma mesma cidade (HARRIS, 1999). Neste sentido, o Método de Mahoney Nebuloso, desenvolvido por Harris (1999), tem se mostrado mais eficaz.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo identificar diretrizes construtivas e urbanísticas para a cidade de Arapiraca a partir da aplicação da metodologia de Mahoney Nebuloso - com vistas a ampliar a análise obtida com as Planilhas de Mahoney Tradicional, por meio de análise estatística discreta - , levando-se em consideração o perfil climático preliminar da cidade indicado pelos dados obtidos de maio de 2008 a abril de 2016.

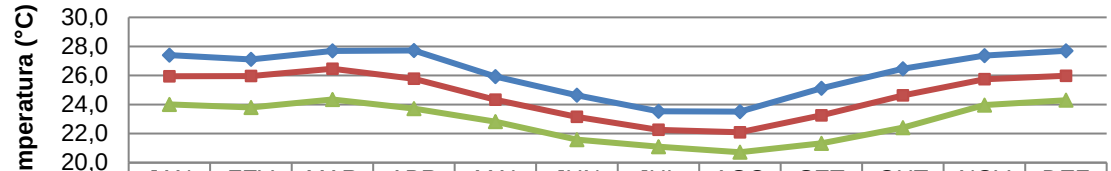
3. MÉTODO DE PESQUISA

O município de Arapiraca, objeto desta pesquisa, localiza-se na mesorregião do Agreste Alagoano, na parte central do Estado, entre a latitude 9°75'25'' Sul e longitude 36°60'11'' Oeste. Abrange uma área de 345,655 km², possui uma população estimada de 231.053 habitantes e densidade demográfica de 600,83 hab./km² (IBGE, 2016).
Os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa consistiram em duas fases distintas: caracterização do perfil climático preliminar de Arapiraca e análise das recomendações construtivas indicadas pelo Método de Mahoney Nebuloso (MMN).
A caracterização climática da cidade se desenvolveu em quatro etapas. A primeira etapa correspondeu à revisão bibliográfica e documental relativa ao clima e à região Agreste de Alagoas. Nesta etapa, foram levantados dados do comportamento dos elementos do clima, caracterização do perfil climático e clima urbano.
Concomitante à etapa anterior, foram feitos levantamento e tabulação dos dados climáticos de Arapiraca no período de maio de 2008 a abril de 2016. Estas informações foram obtidas por meio da estação meteorológica do INMET em Arapiraca (Latitude: -9.80417°, Longitude: -36.6189°, Altitude: 241.00m) com o objetivo de consolidar banco de dados climático para o município. Estes dados correspondem aos valores horários das seguintes variáveis: temperaturas do ar (máxima, mínima e instantânea), umidade do ar (máxima, mínima e instantânea) e precipitação.
Na terceira etapa, foi feito tratamento estatístico que consistiu na obtenção das máximas, mínimas e médias diárias e mensais dos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar, totais pluviométricos diários e mensais. A partir dos dados mensais obtidos, foram geradas as médias de cada variável para cada mês do ano durante o período de maio de 2008 a abril de 2016.
Por fim, foram gerados gráficos com comportamento das variáveis analisadas em escala temporal mensal, cujas análises permitiram compreender o perfil climático de Arapiraca.
Quanto ao Mahoney Nebuloso (MMN), os procedimentos desta pesquisa foram embasados nos estudos realizados por Harris (1999), Sena (2004) e Moraes; Torres; Freitas (2016).
O Método de Mahoney Tradicional (MMT) é constituído por três quadros nos quais são inseridos os dados climáticos de determinada localidade e, por meio de inferências feitas baseadas na Teoria Clássica dos Conjuntos, ao final do processo, obtém-se recomendações projetuais e construtivas cuja finalidade seria tornar edificações mais eficientes. Porém, estudos mostraram que esta metodologia não gera resultados satisfatórios para regiões de clima transitório. Arapiraca está situada em área de transição entre a costa úmida e o interior semiárido do Nordeste brasileiro (MORAES; TORRES; FREITAS, 2016).
Desta forma, Harris (1999) remodelou o MMT por meio da Teoria dos Conjuntos Nebulosos (*Fuzzy Set Theory*) resultando no chamado Método de Mahoney Nebuloso (MMN). A Teoria dos Sistemas Nebulosos é adequada ao tratamento de variáveis qualitativas, como as usadas na definição dos grupos climáticos e na análise do rigor térmico do método de Mahoney.
O Método de Mahoney Nebuloso consiste numa adaptação do Método de Mahoney Tradicional a fim de tornar a análise e as recomendações projetuais provenientes mais fiéis à realidade local para regiões situadas em zonas de transição climática. Esta remodelagem consiste na aplicação de pertinências à análise das variáveis qualitativas presentes na análise de Mahoney. Assim, cada conceito constitui um conjunto nebuloso e, para cada dado climático, é verificada sua pertinência em relação a este conjunto. Quanto mais próximo de 1 for o grau de pertinência de determinado elemento, mais este elemento pertence àquele conjunto (HARRIS, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo são expostos os resultados obtidos a partir do tratamento e das análises dos dados referentes à Arapiraca com o intuito de traçar um perfil climático preliminar da cidade.
A análise dos dados mostrou que o período que vai de meados de setembro até o mês de abril e início de maio tem uma curva ascendente nos níveis de temperatura do ar, exibindo características notáveis de uma estação tipicamente quente, como visto no gráfico 1.

Gráfico 1. Temperatura média do ar (°C).

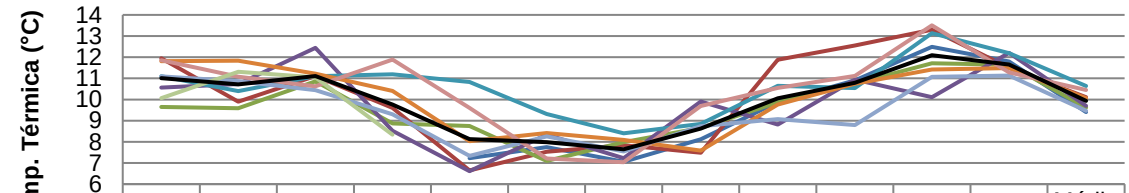


	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máx.	27,4	27,1	27,7	27,7	25,9	24,6	23,5	23,5	25,1	26,5	27,4	27,7
Méd.	25,9	26,0	26,5	25,8	24,3	23,2	22,3	22,1	23,3	24,6	25,7	26,0
Mín.	24,0	23,8	24,3	23,7	22,8	21,6	21,1	20,7	21,3	22,4	24,0	24,3

Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto a amplitude térmica, o gráfico 2 mostra a diferença de amplitude térmica mensal entre os anos, sendo visível que, a partir do mês de julho, há um acréscimo no valor da amplitude térmica enquanto que, a partir de março, os valores decrescem.

Gráfico 2. Variação da amplitude térmica (°C).

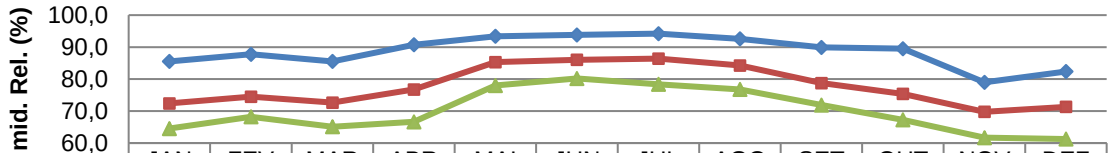


	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média Anual
2008					7,2	7,8	7,1	8,1	9,9	10,9	12,5	11,8	9,4
2009	11,9	9,9	11,1	9,6	6,6	7,5	7,8	7,5	11,9	12,6	13,3	11,5	10,1
2010	9,6	9,6	10,9	8,9	8,7	7,1	8,0	8,7	9,9	10,8	11,7	11,6	9,6
2011	10,6	10,7	12,4	8,5	6,6	8,3	7,2	9,9	8,8	10,9	10,1	12,2	9,7
2012	11,1	10,4	11,1	11,2	10,8	9,3	8,4	8,8	10,6	10,5	13,1	12,2	10,6
2013	11,8	11,8	11,2	10,4	8,0	8,4	8,1	7,6	9,8	10,7	11,4	11,5	10,1
2014	11,1	10,9	10,4	9,3	7,3	8,3	7,5	8,7	9,1	8,8	11,1	11,1	9,5
2015	11,9	11,1	10,6	11,9	9,6	7,2	7,0	9,7	10,6	11,1	13,5	11,3	10,5
2016	10,1	11,3	11,0	8,3									10,2
Média	11,0	10,7	11,1	9,8	8,1	8,0	7,6	8,6	10,1	10,8	12,1	11,7	9,9

Fonte: Elaborado pela autora.

Com relação à umidade relativa do ar, foi possível perceber que seu comportamento apresenta valores mais altos entre os meses de maio a agosto e mais baixos no período de novembro a março, período que coincide com altas amplitudes térmicas e baixos valores de precipitação, como observado no gráfico 3.

Gráfico 3. Comportamento da variável umidade relativa média do ar (%).

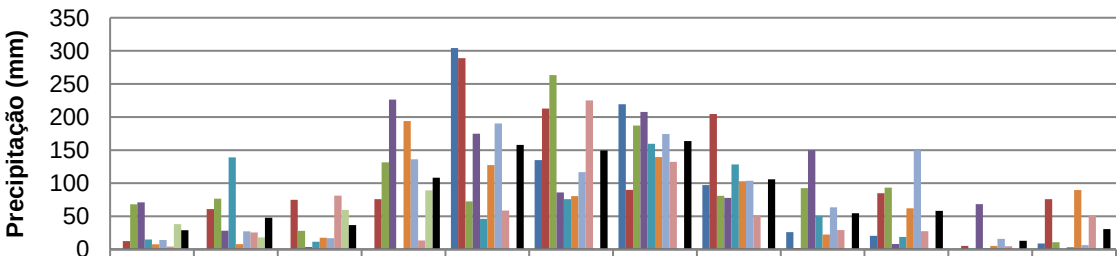


	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máx.	85,5	87,8	85,5	90,7	93,4	93,8	94,2	92,6	89,9	89,5	79,0	82,4
Méd.	72,4	74,5	72,6	76,8	85,3	86,0	86,4	84,3	78,8	75,4	69,8	71,3
Mín.	64,6	68,2	65,1	66,6	78,0	80,2	78,4	76,8	71,9	67,3	61,7	61,3

Fonte: Elaborado pela autora.

Arapiraca mostrou-se com uma pluviosidade extremamente irregular, no qual os totais pluviométricos anuais variaram ao longo dos anos analisados. Observa-se, no gráfico 4, que a distribuição das chuvas no município de Arapiraca mostra-se com um regime de chuvas concentradas principalmente nos meses de maio, junho e julho.

Gráfico 4. Comportamento pluviométrico (mm).



	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2008					304,2	134,8	219,4	97,2	26	20,6	0,6	8,8
2009	12,6	61,0	75,0	75,8	289,0	212,8	90,0	204,6	2,2	84,8	5,4	76,0
2010	68,2	76,6	28,0	131,6	72,6	263,4	187,2	81,0	92,6	93,2	1,2	10,8
2011	71,0	28,2	3,6	226,2	174,8	86,0	207,6	77,8	150,0	8,2	68,4	0,8
2012	15,0	139,0	11,6	0,0	46,2	76,0	159,6	128,4	50,8	18,8	1,6	3,4
2013	7,6	8,0	17,6	194,0	127,4	80,4	139,6	103,0	22,4	62,0	5,2	89,6
2014	14,2	27,2	17,0	136,2	190,4	116,8	174,4	103,6	63,6	150,0	16,0	6,4
2015	4,2	25,6	81,2	13,6	58,8	225,2	132,2	50,8	29,2	27,6	4,8	50,4
2016	38,2	18,0	59,6	89,2								
Média	28,9	48,0	36,7	108,3	157,9	149,4	163,8	105,8	54,6	58,2	12,9	30,8

Fonte: Elaborado ela autora.

O MMN, assim como o MMT, é composto por três quadros. O quadro I refere-se à entrada de dados climáticos referentes à temperatura média, amplitude térmica, umidade relativa, pluviosidade e vento. Nele, também são verificados os graus de pertinência de cada dado climático. Os conceitos os quais são analisados os graus de pertinência são: temperatura “alta”, “média” e “baixa”; amplitude térmica “grande” e “pequena”; umidade relativa média – “seco” e “úmido” e pluviosidade “alta”, como na tabela 1, referente a Arapiraca.

Tabela 1. Dados climáticos e seus graus de pertinência – Quadro I

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura média	25.9	26	26.5	25.8	24.3	23.2	22.3	22.1	23.3	24.6	25.7	26
μ TMAlta	1	1	1	1	1	1	0.96	0.92	1	1	1	1
μ TMMédia	0	0	0	0	0	0	0.04	0.08	0	0	0	0
μ TMBaixa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amplitude Média Mensal	11.0	10.7	11.1	9.8	8.1	8.0	7.6	8.6	10.1	10.8	12.1	11.7
μ ATGrande	0.52	0.52	0.53	0.49	0.41	0.40	0.38	0.43	0.50	0.52	0.55	0.54
μ ATPequena	0.48	0.48	0.47	0.51	0.60	0.60	0.62	0.57	0.50	0.48	0.45	0.46
U. Rel. Média	72.4	74.5	72.6	76.8	85.3	86	86.4	84.3	78.8	75.4	69.8	71.3
μ URMSeco	0.40	0.32	0.40	0.23	0.07	0.07	0.07	0.08	0.15	0.28	0.50	0.45
μ URMUmido	0.60	0.68	0.60	0.77	0.93	0.93	0.93	0.92	0.85	0.72	0.50	0.55
Pluviosidade Média	28.9	48	36.7	108.3	157.9	149.4	163.8	105.8	54.6	58.2	12.9	30.8
μ PLAlta	0.07	0.12	0.09	0.27	0.39	0.37	0.41	0.26	0.14	0.15	0.03	0.08

Fonte: Elaborada pela autora.

A etapa seguinte é a análise dos dados climáticos apresentada no quadro II que é dividido em duas partes. A primeira parte diz respeito à definição dos grupos de rigor térmico. A segunda parte do quadro II trata da determinação da presença dos indicadores climáticos de umidade (H1, H2 e H3) e de aridez (A1, A2 e A3) em cada mês.

Harris (1999) remodelou as regras de inferência do MMT, para determinar os chamados Limites de Conforto Nebulosos, no qual são verificadas as pertinências das temperaturas médias mensais aos conjuntos nebulosos “frio”, “confortável” e “quente” (primeira parte do quadro II); e os indicadores climáticos de cada mês (segunda parte do quadro II) utilizando operações de conjuntos nebulosos. As tabelas 2 e 3 mostram o quadro II com os resultados obtidos com os dados de Arapiraca.

Tabela 2. Resultados obtidos para a classificação de rigor térmico por meio do MMN – Quadro II (a)

Rigor Térmico Por Temp. Média	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ RTDia - Frio	0.04	0.04	0.01	0.07	0.17	0.23	0.28	0.25	0.18	0.10	0.02	0.02
μ RTDia - Confortável	0	0	0	0	0	0.15	0.31	0.25	0	0	0	0
μ RTDia - Quente	0.96	0.96	0.99	0.93	0.83	0.77	0.72	0.75	0.82	0.90	0.98	0.98
μ RTNoite - Frio	0.54	0.53	0.52	0.52	0.54	0.60	0.62	0.64	0.64	0.59	0.57	0.55
μ RTNoite - Confortável	0.84	0.89	0.93	0.94	0.82	0.58	0.66	0.60	0.42	0.61	0.70	0.80
μ RTNoite - Quente	0.46	0.47	0.48	0.48	0.46	0.40	0.38	0.36	0.36	0.41	0.43	0.45

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 3. Resultados de inferência para o grau de pertinência dos indicadores climáticos por meio do MMN – Quadro II (b)

Indicadores	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Freq. Anual
μ_{H1} (mês)	0.60	0.68	0.60	0.77	0.83	0.77	0.72	0.75	0.82	0.72	0.50	0.55	8.30
μ_{H2} (mês)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.31	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
μ_{H3} (mês)	0.07	0.12	0.09	0.27	0.39	0.37	0.41	0.26	0.14	0.15	0.03	0.08	2.39
μ_{A1} (mês)	0.40	0.32	0.40	0.23	0.07	0.07	0.07	0.08	0.15	0.28	0.50	0.45	3.02
μ_{A2} (mês)	0.96	0.96	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.75	0.82	0.90	0.98	0.98	10.58
μ_{A3} (mês)	0.04	0.04	0.01	0.07	0.17	0.23	0.28	0.25	0.18	0.10	0.02	0.02	1.43

Fonte: Elaborada pela autora.

Na tabela 4, pode-se comparar a diferença de frequência dos indicadores observados segundo o MMT, obtidas em estudo anterior, e o MMN.

Tabela 4. Frequências dos indicadores climáticos segundo o MMT e o MMN.

Indicadores	MMT	MMN
H1	4	8.3
H2	2	0.7
H3	0	2.39
A1	6	3.02
A2	0	10.58
A3	0	1.43

Fonte: Elaborada pela autora.

Observa-se que, no MMN, há pertinência dos dados em todos os indicadores climáticos, enquanto que no MMT, há frequência apenas nos indicadores H1, H2 e A1. A principal diferença notada é o alto valor de pertinência para o indicador A2, apontado pelo MMN, enquanto que, no MMT, não há frequência.

Por fim, no quadro III, encontram-se as recomendações para projeto. “Assim como no MMT, no MMN as recomendações de projeto são definidas pela frequência anual de um ou vários indicadores diferentes” (SENA, 2004). No MMN, as recomendações são conjuntos nebulosos e, para se

conseguir seus graus de pertinência são utilizados os valores da frequência anual dos indicadores verificados. A tabela 5 reúne as recomendações construtivas indicadas segundo o MMT e o MMN.

Tabela 5. Resultados de inferência para as recomendações projetuais: MMT e MMN – Quadro III

	Frequência	Pertinência	Descrição da recomendação
	MMT	MMN	
Traçado	1	1	Edifícios orientados sobre o eixo N/S para reduzir a exposição ao sol.
	0	0	Planificação compacta com quintal.
Espaçamento	0	0	Espaço aberto para penetração de brisa.
	1	1	O mesmo que o anterior, porém com proteção contra o vento quente.
	0	0	Planificação compacta.
Mov. Do Ar	1	1	Habitações em fileira única; dispositivo permanente para movimento do ar.
	0	0	Habitações em fileira dupla com dispositivo temporal para o movimento do ar.
	0	0	Não é necessário o movimento do ar.
Aberturas	0	0	Aberturas grandes; 40-80%; parede N e S.
	0	0	Aberturas muito pequenas; 10-20%.
	1	1	Aberturas medianas; 20-40%.
Paredes	0	0	Paredes leves; tempo curto de transmissão térmica.
	1	1	Paredes pesadas; interiores e exteriores.
Cobertura	1	1	Coberturas isoladas leves.
	0	0	Coberturas pesadas; mais de 8h de transmissão térmica.
Dormir Ar Livre	**0**	**1**	Espaço necessário para dormir ao ar livre.
Prot. Contra Chuva	0	0	Necessidade de proteção contra chuva intensa.

Fonte: Elaborada pela autora.

Como notado na tabela 5, não há grandes diferenças quanto às recomendações construtivas indicadas pelo MMT e o MMN, apesar da diferença nos indicadores climáticos. A única diferença notada foi a recomendação de espaço necessário para dormir ao ar livre, que não é indicada pelo MMT. Esta recomendação surge justamente devido a presença do indicador climático de aridez A2.

5. CONCLUSÃO

Com base no estudo das características e das variantes climatológicas locais, é possível observar que a cidade de Arapiraca possui um clima composto basicamente de duas estações, que podem ser descritas como: quente e úmida e quente e seca.
A estação úmida é caracterizada por temperaturas do ar menos elevadas, a umidade relativa do ar é alta e a amplitude térmica apresenta pequena variação entre o período noturno e diurno. Esta estação vai de maio a setembro.
Já a seca, tem como características temperaturas atingindo níveis relativamente altos, a umidade do ar é menor e a amplitude térmica entre o período noturno e diurno é significativamente alta. Este período vai do início de outubro até o mês de abril e início de maio.
A análise pelo MMN reafirma o comportamento climático observado. Na tabela 1, percebe-se que, em todos os meses, há um alto grau de pertinência dos dados de temperatura ao grupo nebuloso “temperatura alta”, não sendo de 100% apenas nos meses de julho e agosto. Já os dados de amplitude térmica mensal exibem comportamentos semelhantes para os grupos nebulosos “grande” e “pequena”, porém, apresentando pertinências acima de 50% para “amplitude alta” de setembro a março. Na tabela 2, as pertinências para o grupo térmico “dia quente” se mantiveram acima de 70% ao longo do ano todo. Todos estes dados ratificam a predominância de calor ao longo de todo o ano.
A tabela 1 ainda mostra que os dados de umidade relativa do ar possuem pertinências acima de 50% para o grupo “úmido” ao longo de todo o ano, porém, com valores acima de 90% de maio a agosto. Este período coincide com os meses com maiores valores de pertinência dos dados de pluviosidade “alta”, embora os valores sejam relativamente baixos ao longo do ano. Estes valores evidenciam a presença de uma estação úmida de maio a agosto, e seca pelo resto do ano.
A tabela 3 mostrou a pertinência dos dados a todos os indicadores climáticos, tanto os de umidade quanto os de aridez, confirmando, mais uma vez, a caracterização de um clima composto. O principal indicador de umidade foi o H1, indicado para mais de oito meses. Este indicador recomenda movimento do ar indispensável.
O principal indicador de aridez, por sua vez, foi o A2, indicado para mais de 10 meses. O indicador A2 alega a conveniência de dormir ao ar livre. Porém, na tabela 4, é possível observar a discrepância entre o principal indicador climático de aridez segundo o MMT e o MMN. No MMT, o indicador de aridez com maior frequência é o A1, sugerido para 6 meses, enquanto que o A2 sequer aparece. No MMN, o indicador A1 aparece, porém com baixa pertinência.
Em consequência da presença deste indicador, na tabela 5, aparece a estratégia construtiva de espaço necessário para dormir ao ar livre, segundo o MMN, enquanto não era indicada pelo MMT.
Esta pesquisa confirmou a necessidade de complementação do MMT pelo MMN para Arapiraca. O estudo obteve êxito em traçar estratégias bioclimáticas para Arapiraca, podendo ser utilizado como base por profissionais da região interessados em arquitetura bioclimática. É recomendável a realização de pesquisas utilizando outras ferramentas projetuais, bem como com maior quantidade de dados a fim de resultados mais amplos e confiáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGO, A. PIETROBON, C. E. BARBOSA, M.J. GOULART, S. PITTA, T. LAMBERTZ, R. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Núcleo de Pesquisa em Construção - Departamento de Engenharia Civil. Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico. Relatório. Santa Catarina, 1994. Disponível no endereço eletrônico <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf>. Acesso em 07 de outubro de 2013.

CORREIA, W. F. B. e BARBIRATO, G. M. Arquitetura e clima no contexto do Semiárido Nordestino: Respostas construtivas com vistas ao conforto térmico e eficiência energética. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12. Brasília, 2013. Anais... Brasília: 2013 (CD-ROM). 1972 p.

HARRIS, A.L.N.C. Metodologias baseadas na Teoria dos Sistemas Nebulosos (Fuzzy Systems Theory) para o tratamento das informações subjetivas do Projeto Arquitetônico. São Paulo, 1999. 160p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Arapiraca: Informações completas. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=270030&search=alagoas|arapiraca>. Acesso em: 20 mar. 2016.

MORAES, O. B., TORRES, S.C. e FREITAS, R.M. Caracterização climática e planejamento urbano: o Método de Mahoney remodelado e os avanços para obtenção de recomendações de adequação climática de assentamentos construtivos. In: Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – Contrastes, Contradições e Complexidades, 7. Maceió, 2016. Anais... Maceió: 2016.

PASSOS, I. C. S. Clima e arquitetura habitacional em Alagoas : estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar. 2009. 173 f. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo : Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2009.

SENA, C. B. Análise comparativa entre o Método de Mahoney Tradicional e o Método de Mahoney Nebuloso para caracterização do clima no projeto arquitetônico / C.B. Sena. – São Paulo, 2004. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2004.

SILVA. M. F. Diretrizes construtivas e urbanísticas para cidade em clima semiárido: Estudo de caso em Arapiraca-Al. Relatório Técnico PIBIC, 2015.

388. PROTOTIPAGEM DIGITAL PARAMÉTRICA ORIENTADA AO DESIGN EMERGENCIAL – O CASO DO DESASTRE AMBIENTAL MG/ES

ROCHA, Bruno M.[1](bmassara@gmail.com);VENANCIO, Leonardo V.[2](leovalbao@gmail.com)
[1] Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
[2] Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil

RESUMO
Considerando a necessidade de soluções infraestruturais de caráter emergencial para o desastre de Mariana foi elaborado o trabalho que apresentamos aqui. Com caráter de protótipo conceitual, a proposta inclui um abrigo emergencial que traz elementos da biomimética inspirada na fauna da região do cerrado que caracteriza o Vale do Rio Doce. Seu desenho está inspirado na forma de proteção natural do tatu da espécie *Dasypus novemcinctus*. A partir de analogias estruturais, foi criado um invólucro articulado subdividido em abas retráteis que se interpenetram ao serem fechadas ou abertas. Desta maneira há flexibilidade nos diversos usos e facilidade de montagem e transporte. O design do protótipo foi desenvolvido a partir da fusão da metodologia de reflexão em ação com processos de parametrização, programação gráfica e computação algorítmica, sendo inteiramente criado no *software Grasshopper*, *plugin* de modelagem generativa para o programa *Rhinoceros*. O intuito é que a tecnologia desenvolvida a partir desta associação possa ser acionada em outros casos e utilizada além desta situação especifica. O projeto permite ainda inúmeros desdobramentos conceituais, já que abrange temas atuais e relevantes como a biomimética e a parametrização enquanto repertório processual, além da importância e responsabilidade social do exercício do arquiteto na temática do design emergencial.
Palavras-chave: Design Emergencial, Parametrização, Biomimética, Desastre Ambiental, Responsabilidade Social.

DIGITAL PARAMETRIC EMERGENCY ORIENTED DESIGN – MARIANA/MG CASE STUDY

ABSTRACT
The work presented here was conceived considering the need for emergency infrastructural solutions for Mariana's disaster. It is a conceptual prototype of an emergency shelter oriented by biomimetic principles and inspired by the fauna of cerrado that characterizes the Vale do Rio Doce. Structural analogies were made with the Dasypus novemcintus specie creating and articulated shelter made of retractable flaps that interpenetrate when it opens and closes. The prototype was developed using a fusion of reflection in action methodology and parametrization, graphic programming and algorithmic computation entirely created in Rhino and Grasshopper generative modeling. The main intention of this work is to develop specific design technology to emergency scenarios such as Mariana's disaster but also to others types of critical events. The project allows many conceptual reflections such as the importance of social responsibility in architectural practice.
Keywords: Emergency Design, Parametrization, Biomimetics, Environmental Disaster, Social Responsability

1. INTRODUÇÃO

O trágico episódio do rompimento da barragem de Fundão em Mariana/MG completou recentemente um ano. O maior crime ambiental da história do Brasil, cometido pelo conglomerado minerador Samarco/Vale/BhP, provocou um impacto sem precedentes em nosso ecossistema, comprometendo diretamente 660km de rios e mais de 1.400ha de vegetação, muitas delas inseridas em Áreas de Preservação Permanente (APP)[1]. Indiretamente, o dano é ainda muito mais amplo, isso porque o conceito de ecossistema compreende não apenas os recursos naturais, mas todo o conjunto de relações de interdependência que estão vinculadas aos rios e matas atingidos pela lama tais como: atividade pesqueira, agrária, turística, ambiental, todas elas responsáveis pela manutenção da vida das populações locais. Ou seja, trata-se de um corpo social que foi também destruído. O crime ambiental rompeu abruptamente as relações sociais e, em situações mais graves como em Bento Rodrigues (Fig.01), provocou uma *tabula rasa* ecossistêmica, ou seja, o desaparecimento completo de um vilarejo e sua comunidade. Para Leonardo Deptulski, presidente do comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (Estado de Minas, 2016), “do ponto de vista das ações de reparação e compensação, temos muito pouco feito em um ano”.

Figura 01: Desastre em Bento Rodrigues



Foto do distrito de Bento Rodrigues após o rompimento da barragem de Fundão em Mariana/MG. Fonte: http://brasil.elpais.com/brasil/2016/01/13/politica/1452723124_212620.html. Acesso: 25 Fev. 2016

O impacto do desastre na comunidade acadêmica foi profundo. Pesquisadores das mais diversas áreas se mobilizaram imediatamente e reorientaram suas investigações[2] para o mapeamento dos danos, para a prestação de auxílio aos atingidos e, em seguida, aferição de responsabilidades, produção de reflexões, críticas, projetos, propostas de ação de caráter técnico, socioambiental, jurídico, econômico, entre outros[3]. Apesar da multiplicidade de áreas de pesquisa e da importância de suas competências em oferecer respostas ao ocorrido, é justamente a sintonia e a coordenação

[1] Fonte: IBAMA – Laudo Técnico Preliminar (2015, pg.03)

[2] Cabe destacar aqui os relatórios “A tragédia do Rio Doce” realizado pelos Departamentos de Geografia e Geociências da UFMG e UFJF, respectivamente; “Antes fosse mais leve a carga”, produzido pela UFJF, UFRJ, UERJ, UEG, IFRJ.

[3] No contexto da Universidade Federal do Espírito Santo, foi criada uma Rede de Pesquisadores articulada com órgãos como SEAMA, IEMA, ICMBIO e IBAMA. A partir dessa articulação foi elaborado um Plano de Ação de Enfrentamento da Crise que tem como objetivos específicos: gestão dos rejeitos, recuperação e melhoria da qualidade da água; restauração florestal e produção de água; conservação da biodiversidade; reinserção socioambiental; educação, comunicação e informação; preservação e segurança ambiental; gestão e uso sustentável da terra.

entre suas especificidades que produzirá efeito ampliado na recuperação dos territórios, das populações e da biodiversidade. No âmbito da arquitetura entra em cena uma temática importantíssima: a arquitetura de emergência ou design emergencial. Compreendê-la e saber lidar com suas demandas é essencial, tanto para o caso específico de Mariana quanto para uma série de outros fenômenos[4] de grande impacto ecossistêmico revelados pelo noticiário atual. Não resta dúvida de que a complexa realidade mundial contemporânea exige especialmente dos arquitetos um engajamento social e um maior envolvimento com questões humanitárias derivadas de fenômenos desta natureza.

2. DESIGN EMERGENCIAL: CARACTERÍSTICAS E LIMITAÇÕES

São inúmeras às vezes em que a trajetória histórica do mundo passou por condições ameaçadoras e requisitou ao ser humano ações emergenciais para sobreviver a tais crises. Deste arranjo de situações de extrema fragilidade e vulnerabilidade surgiu o design emergencial, uma metodologia específica de ação encontrada para gerar projetos, planos e soluções como resposta para calamidades. No Brasil ela encontra-se inclusive regulamentada pela Lei 12.608/2012[5].

Existem duas situações principais que demandam respostas emergenciais: a) as catástrofes naturais que, em casos como o de Mariana, apresentam o ser humano como agente catalisador; b) as guerras, que abarcam perseguições, conflitos, violência generalizada e violação dos direitos humanos (LOPES, 2015, p. 21)[6]. Já há um significativo legado de profissionais e organizações[7] articulados com o design emergencial, ampliando a disponibilidade de materiais, informações, projetos e ações em resposta às catástrofes e guerras. Eles agem no contra fluxo da grande corrente de produção de arquitetura e design contemporâneo, atuando com maior responsabilidade e engajamento social. O design emergencial traz à tona um problema já apontado por Victor Papanek ainda na década de 1970 e que parece ter sido agravado nos últimos 50 anos: a falta de engajamento social dos arquitetos e designers. Segundo ele, o arquiteto deveria passar mais tempo em países subdesenvolvidos elaborando projetos que de fato atendessem às necessidades mais fundamentais das populações locais, como uma forma de ampliar seu engajamento social e o próprio significado de seu trabalho (Papanek, 2009, p.33). A visão de Papanek é reforçada pelo pensamento de outros autores como Ezio Manzini (2014, p.96) que afirma que a baixíssima qualidade das habitações em países subdesenvolvidos e a precariedade das condições de vida decorrente destas instalações insalubres constitui o contexto-base para a atividade dos projetistas atuais e futuros.

Notamos, na atualidade, que os arquitetos vêm, de modo expressivo, se dedicando a trabalhar com questões relativas à área do design emergencial. Essa expressividade é apontada pela autora Marie Jeannine Aquilino, em seu livro *Beyond Shelter* (2011, p. 9) onde afirma que os arquitetos são profissionais treinados, competentes e engenhosos para a prevenção, mitigação, resposta e

[4] Terremoto em Amatrice, Accumuli e Norcia (Itália) em 25/08/16; furacão Matthew (Haiti e EUA) em 09/10/16; É possível considerar também os desdobramentos das Guerras e a imigração em massa de populações de refugiados de origem principalmente da Líbia para a Itália e Grécia, através do Mar Mediterrâneo.

[5] LEI Nº 12.608, DE 10 DE ABRIL DE 2012, Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC: "Art. 8º, inciso VIII: Compete aos Municípios, organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança."

[6] A I Guerra Mundial alavancou o processo de desenvolvimento do design emergencial e a II Guerra Mundial aumentou ainda mais a necessidade de abrigos para os refugiados dos conflitos. Após a II Guerra, o planeta atravessou sua mais substancial crise de refugiados. Em 2015 houve mais de 60 milhões de refugiados, dos quais 59 milhões tiveram que se proteger de conflitos e perseguições. (UNHCR, 2015).

[7] Nomes importantes como Fred Cuny, Ian Davis e Cameron Sinclair tem atuado há décadas nas áreas de pesquisa e arquitetura sobre o design emergencial. Sobre as organizações cabe destacar: *Architecture for Humanity, Architects Without Frontiers, Architectes de l'Urgence, Shelter Projects, The Volunteer Architect's Network, World Shelters e Make it Right*.

recuperação do risco de desastres. A autora aponta ainda que existem três pontos principais onde o conhecimento dos arquitetos relacionado às normas, métodos e procedimentos são importantes em situações pós-crise:
a) primeiramente, arquitetos experientes são capazes de erguer estruturas seguras a partir da especialização no cálculo de necessidades, recursos e orçamentos, e isso economiza dinheiro e melhora a ação humanitária;
b) em segundo lugar, arquitetos incorporam grande representatividade profissional, ou seja, podem trabalhar em colaboração exclusiva com a comunidade ajudando-os a agir em seu próprio nome. Além disso, arquitetos têm potencial para assumir papéis nas funções de designer, historiador, negociador e advogado, situações que demandam alternativas tais como garantir a posse da terra, oferecer melhor acesso à água, saneamento e luz, introduzir espaços públicos e melhorar o relacionamento com a ecologia local. Aquilino (ibid., p.9) destaca a extrema dificuldade para a comunidade representar com êxito seus próprios interesses em um momento de fragilidade e, neste caso, os arquitetos podem assumir uma representação política buscando o consenso sobre um projeto que seja viável e articulá-lo junto aos governos locais;
c) finalmente, há o aspecto visionário presente na atividade arquitetural. Situações de recuperação ambiental demandam mais do que a necessidade de um refúgio. Para além do abrigo, há uma expectativa para a promoção da saúde pública, da qualidade de vida, a conscientização ambiental e a ajuda para garantir um modo de vida mais seguro (ibid., p. 9). Estas demandas implicam quase sempre numa habilidade improvisacional (Rocha, 2015) metodológica e processual orientada a buscar soluções rápidas, engenhosas e sem precedentes.
Com relação aos projetos emergenciais já elaborados até o momento, há uma lista significativa de soluções de maior ou menor grau de complexidade, com orientações e abordagens diferenciadas. De acordo com a pesquisadora portuguesa Rita Frade (2012, p.29) há duas respostas padrão atuais para a demanda de refúgios e abrigos emergenciais:
a) o fornecimento de tendas de campanha;
b) a utilização de soluções industrializadas e padronizadas.
Segundo ela, em muitos casos, tais soluções geram pouca aceitação por parte das vítimas por não considerarem as reais necessidades do contexto local que inclui, por exemplo, modos de vida, hábitos e práticas das populações atingidas. A partir da análise dos projetos realizada pela autora, é possível pontuar as principais limitações dos projetos existentes como sendo:
a) o elevado preço de produção frente à escassa eficiência econômica no país afetado;
b) a ausência de participação dos sobreviventes na configuração do espaço e adequação às suas necessidades locais, formas de habitar e valores culturais;
c) a desadequação frente às variações climáticas e ao tamanho das famílias;
d) a exigência de mão-de-obra especializada para montagem;
e) o desconhecimento das normas e princípios de projeto preconizado pelas agências especializadas (Frade, 2012, p. 37).
Estas limitações tornam-se evidentes em projetos como, por exemplo, *Shelter SES2*, de Pete Manfield e Tom Corsellis (1998) e *Concrete Canvas*, de Peter Brewin e William Crawford (2004). Frade critica o formato simplificado destes projetos, configurados a partir do mesmo princípio que as tendas e cuja aceitação por parte da população é baixa. Diversos projetos analisados não tiveram a preocupação em se adaptar a realidades diferenciadas e não apresentam adaptabilidade como é o caso de *Shelter* de Elisa Mansutti e Luca Pavarins (2010). Outro problema recorrente é a exigência de mão-de-obra especializada para montagem dos projetos, como ocorre na *Red+Housing* concebido por *Obra Architects* (2009). É importante atentar ainda para outros pontos relativos ao método de projeto, em especial a hierarquia dos valores utilizados, o que quer dizer que a forma

final e a visualidade do projeto não devem se sobrepor aos aspectos funcionais. O projeto *Hokai,* desenvolvido por Lissa Saruhashi e Antônio de Biase (2017), criado em um workshop de Arquitetura Biodigital promovido pelo BI/OS, revela esse ponto: é um projeto visualmente apolíneo, mas que apresenta problemas básicos em seu sistema de fechamento[8].

Ao longo do processo de projeto emergencial, é importante que haja uma maior correspondência entre as variáveis e uma melhor forma de controlá-las, experimentá-las e ajustá-las ao longo de todo o processo. No campo do design emergencial há ainda muito pouco abordado sobre a relação entre o processo de projeto e a parametrização. Ainda não se encontram referências que associam o design emergencial e a prototipagem paramétrica. A parametrização e a prototipagem rápida surgem como alternativas possíveis para auxiliar uma revisão e atualização nos processos de design emergencial. Através da associação entre estes dois processos aduirimos maior versatilidade para simular, remodelar, validar e gerenciar as soluções de projeto, principalmente com a criação rápida de modelos físicos que tornam visíveis inúmeras possibilidades de mudanças, melhorias, gerando consequente otimização do processo projetual como um todo.

Com base nesta potencialidade foi elaborada uma proposta de projeto por parte autores deste artigo que será apresentada e discutida adiante. Ela tem a convicção de que é possível ocupar as brechas existentes nos projetos emergenciais através da associação parametrização-prototipagem. Conforme afirma Rita Frade (2012, p.38) lidar com o design emergencial implica “projetar no limite”, limite de tempo, custos, espaços e operatividade. Para isso, ajustes e adaptações sucessivas são necessárias para lidar com a complexidade e a indeterminação do contexto.

3. MÉTODOS UTILIZADOS E RESULTADOS ALCANÇADOS

A intenção de elaborar uma proposta de abrigo emergencial associando parametrização e prototipagem tem como foco duas questões fundamentais: em primeiro lugar, agregar valor de uso ao tipo de solução oferecida às pessoas em situações emergenciais; em segundo lugar, desenvolver e compartilhar uma inteligência projetual específica voltada para situações de desastres, contendo direcionamentos que possam ser apropriados por diferentes pessoas e organizações envolvidas neste cenário. Projetos emergenciais possuem particularidades e complexidades que são melhores compreendidas no decorrer do esforço em resolvê-las. A inteligência projetual pode ser entendida como o conjunto inédito de técnicas, relações e disposições (Speaks, 2002, p.160) que podem ser produzidas durante complexos processos de projeto que não cabem em uma metodologia mais ampla. Elas são derivadas da habilidade dos projetistas em territorializar soluções de projeto de modo adaptativo e continuado como tática para obter maior relevância e congruência de suas propostas tendo em vista o contexto específico em que se inserem. A proposta conceitual apresentada aqui deriva deste posicionamento infiltrado na complexidade dos abrigos emergenciais no intuito de aprender, descobrir, propor e testar novas relações de projeto em situações de desastre para, a partir daí, sistematizar e compartilhar estes conhecimentos.

Fazem parte da complexidade de restrições do projetos de abrigos emergenciais as seguintes regulamentações internacionais[9]: a) espaço mínimo requerido por pessoa: 3,5m^2; b) distância

[8] Os projetos listados aqui estão compilados na publicação “Design Emergencial: soluções encontradas para amenizar as consequências dos desastres naturais”, elaborado pelo Núcleo Habitat Sem Fronteiras (NOAH) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo,

[9] O Projeto Esfera é um manual de referência elaborado pelo Movimento Internacional da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho, entre outras ONGs, que possui todas as diretivas e normas universais que as agências humanitárias devem seguir em resposta a um desastre. Fonte. FRADE (2012, Pg.6).

mínima entre piso e teto em seu ponto mais alto: 2,0m; c) separações internas para assegurar privacidade e segurança aos ocupantes; d) envolvimento das comunidades locais na execução dos abrigos;

Outras determinações de caráter urbano fazem parte destas regulamentações e dizem respeito, por exemplo, ao número de unidades recomendado em cada campo de refugiados, as formas de agrupamento e abastecimento dos abrigos, a duração indicada até o início da fase de reconstrução, entre outros aspectos[10]. Estes aspectos ainda não fazem parte do escopo deste projeto que, por sua vez, se dedicou mais ao processo de concepção da unidade específica. Mas há o objetivo de dar continuidade ao projeto tendo em vista contemplar escalas maiores que implicam na replicação e distribuição dos protótipos no território.

Grande parte dos resultados alcançados foram desdobramento da metodologia utilizada que privilegiou o envolvimento direto entre a experimentação prática e produção de conhecimentos em ciclos contínuos e recursivos. O processo projetual paramétrico criou condições para a realização de inúmeros ciclos de reflexão e ação através dos quais foram testados e analisados os possíveis arranjos entre formas, materiais, performance e estética. A estruturação entre estes elementos foi produzida a partir de um sistema relacional paramétrico desenvolvido no *software Grasshopper*. Podemos afirmar que tais sistemas incorporam a essência do processo projetual paramétrico. Em termos conceituais, estas interfaces são campos fluidos de investigação digital compostos por inúmeros elementos diferenciados organizados de maneira mutuamente correlata (Schumacher, 2012, p.617). As correntes de modificações produzidas neste sistema permitiram avaliar os desdobramentos de uma alteração singular em todos os outros elementos, uma condição metaprocessual necessária para operacionalizar os ciclos de investigação e resolução do problema. Em termos práticos, este campo de relações permitiu por em prática uma metodologia projetual capaz de: superar a repetição simples de elementos e operar a sua diferenciação gradual para obter mais variabilidade; evitar a colagem de elementos isolados e explorar sua comunicação e interdependência; evitar a setorização de funções e propor sua parametrização enquanto eventos dotados de singularidade. Schumacher (2012, p.621) reitera que a evolução dos ciclos de investigação está necessariamente atrelada às simulações digitais e mecanismos de concepção formal abertos à modulação artificial. Todos estes conceitos lançados aqui estabelecem um vínculo com os domínios do software, mas não se esgotam nele.

No campo do *hardware*, foram inseridos os dispositivos de prototipagem rápida que, no caso do trabalho aqui desenvolvido, ficaram restritos às máquinas de impressão 3D. A processualidade destes dispositivos toca diretamente aspectos de natureza física, da ordem da resistência dos materiais, das limitações do equipamento de *hardware*, do tempo de produção, entre outras questões do domínio operacional, mas que não se descolam da teoria e da conceituação. Ao contrário, em um processo de reflexão em ação, o domínio operativo é motor para a produção de conhecimento. A contribuição que a prototipagem digital oferece sobre os processos tradicionais de produção em série é a produção customizada, capaz de gerar rapidamente objetos diferenciados, múltiplas versões de uma mesma idéia, potencializando enormemente a condição exploratória e experimental de um processo de projeto. Rocha (2015, p.169) afirma que essa abertura ao acaso no processo de projeto instaura um itinerário evolutivo mais rico, com melhores oportunidades para adaptação e evolução da idéia. Esse tipo de preparação para o inesperado torna o processo semelhante a uma performance coletiva, aos moldes dos músicos de jazz, que executam uma música de forma aberta, original, coletiva, inesperada, mas que, em função de sua indeterminação

[10] Maiores informações consultar: LOPES, Ana. Urbanismo Emergente: Desenho e processo de planeamento em situações pós-catástrofe. Mestrado Integrado em Arquitetura. Instituto Universitário de Lisboa. Orient: Alexandra Paio. Outubro 2015.

e imprevisibilidade, exige uma postura ativa e atenta dos participantes em aplicar seus conhecimentos individuais de modo intuitivo e imediato (ibid., p.190). Neste contexto, teoria e prática são inseparáveis, andam juntos e evoluem em paridade.

A etapa inicial do processo de elaboração do abrigo temporário optou por traçar um paralelo biomimético como referencial para identificação de estratégias de adaptação formal na natureza que dessem suporte à estrutura do abrigo. Os critérios de busca foram: serem configuradas por elementos equivalentes, mas dotados de diferenciação; permitirem a compactação e expansão da estrutura do organismo; permitir diferentes configurações formais e que fosse pertencente à fauna característica da região de Mariana/MG. O organismo que mais se aproximou destes aspectos foi a espécie *Dasypus novemcintus*, vulgo tatu-galinha (Fig.02), encontrado nas zonas de cerrado do Brasil e caracterizado por uma carapaça formada por uma série de placas móveis rígidas de formato convexo que se articulam e dão mobilidade, flexibilidade e proteção ao animal.

A estrutura do animal é caracterizada pelo aninhamento destas placas umas sobre as outras, permitindo ao corpo do animal se tornar mais compacto ou mais expandido. Este tipo de arranjo compressão-expansão é necessário aos abrigos emergenciais para atender, entre outros aspectos, as demandas de transporte e montagem. O protótipo inaugural partiu da combinação de um conjunto de placas de formatos equivalentes, mas de tamanhos progressivamente menores necessários para permitir aninhamento. As dimensões e a quantidade das placas foram parametrizadas correlativamente tendo em vista sua adequação frente às restrições estabelecidas pelas agências reguladoras. A concepção inicial definiu assim um sistema de articulação formado por um número entre 6 e 9 peças diferenciadas capaz de se aninhar ou expandir configurando um habitáculo cuja base é um retângulo e elevação um semicírculo (Fig.03)

Figura 02: Dasypus novemcintus



Exemplar da espécie Dasypus novemcintus (tatu-galinha). Fonte: http://djringer.com/photos/v/101101-fall-2010/nine-banded-armadillo-dasypus-novemcinctus-2.jpg.html?g2_imageViewsIndex=2. Acesso: 25 Dez 2016.

Figura 03: Interface software Rhino/Grasshopper

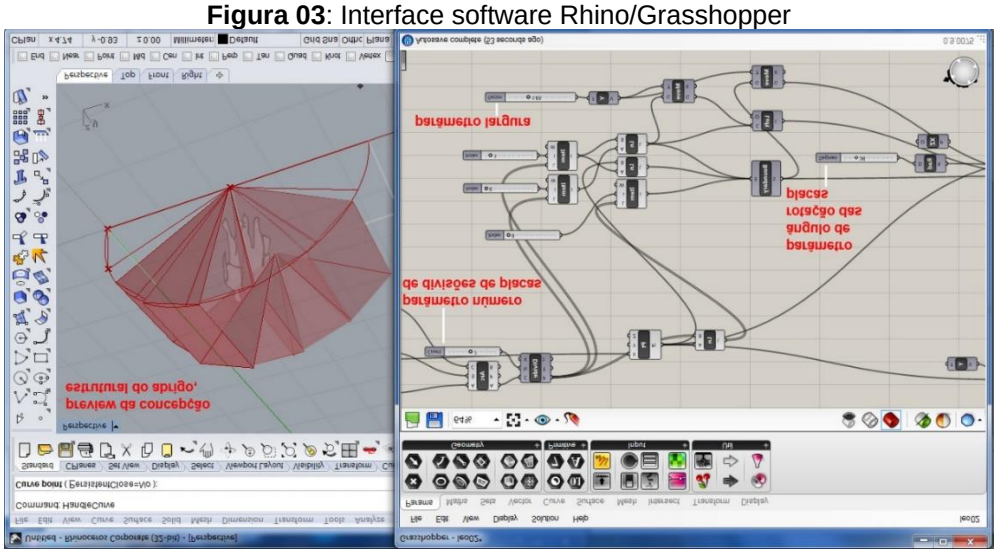


Imagem processual da interface gráfica dos softwares Rhinoceros e Grasshopper utilizados para conceber e parametrizar a estrutura do abrigo emergencial. Destaque para a forma de inspiração biomimética constituída por placas pivotantes e ajustáveis. Fonte: autores.

Com a concepção geral do sistema idealizada e parametrizada, foi dado início ao processo de simulação dos subsistemas necessários para operacionalizar sua articulação, entre eles: base (sustentação, armazenamento e mecanismo de abertura) e vedação (superfícies internas e externas). O processo de impressão 3D oferece a possibilidade de produzir superfícies com padrões de acabamento e furação complexos, não-lineares, dotados de especificidades para cada uma de suas posições no sistema, levando-se em conta a orientação solar, proteção física, conforto ambiental, visibilidade, etc. A parametrização das superfícies que compõem as paredes e coberturas do abrigo exploraram os recursos de criação e aplicação de padrões do *Grasshopper*. Ainda em caráter experimental, foi utilizado inicialmente o padrão hexagonal visando obter superfícies com caráter de membrana, capazes de filtrar luz solar, favorecer a ventilação natural sem comprometer a privacidade dos ocupantes, além de formar uma placa leve mas de grande resistência em função da geometria estável dos hexágonos (Fig.04). O tamanho das furações e a espessura da superfície foram parametrizados para estudo de suas relações. Em pontos específicos da estrutura, como nas coberturas, houve a necessidade das superfícies incorporarem novas camadas para responder aos problemas de estanqueidade e proteção contra ventos fortes. Apesar de apresentar padrões uniformes, um novo ciclo de investigações paramétricas foi estabelecido para estudar diferenciações na posição e no tamanho das furações, tornando-as mais adaptadas a cada uma das posições da estrutura do abrigo.

Figura 04: Tratamento das Superfícies

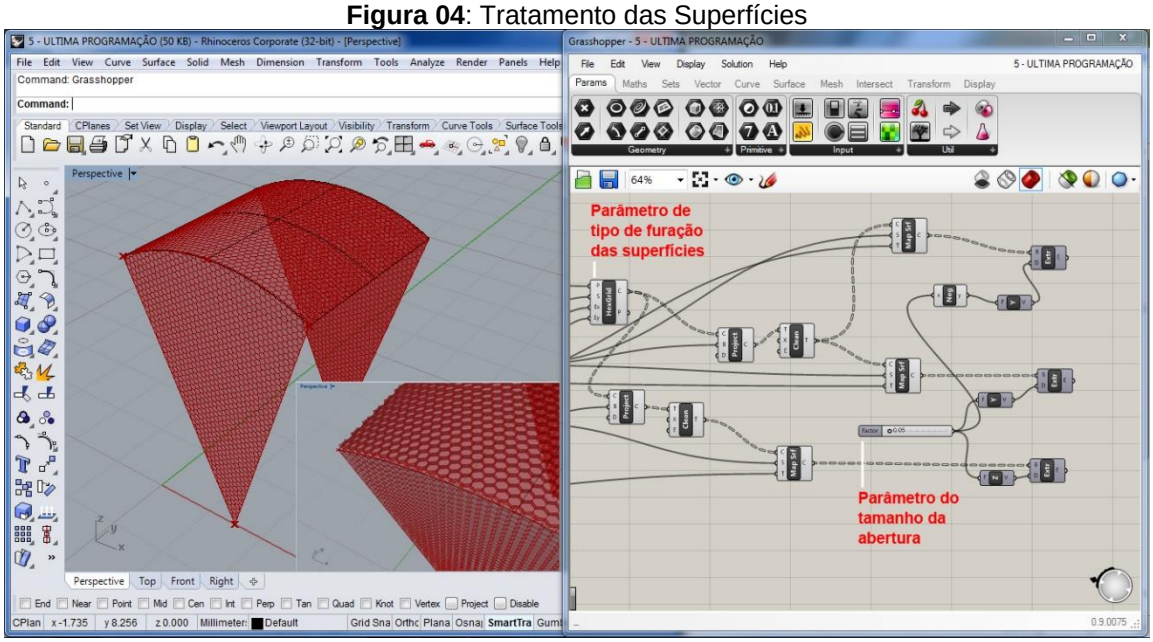


Imagem de uma das placas isoladas do abrigo e detalhe do tratamento da superfície com furação parametrizada no formato hexagonal. Fonte: autores.

As placas pivotantes foram apoiadas em um subsistema de base ainda em fase de desenvolvimento e que não será aprofundado neste trabalho mas apenas ilustrado pela figura 05. Suas funções programáticas incluíram: adaptar o abrigo ao tipo de terreno, alojar os reservatórios de água e esgoto, acolher os mecanismos articulados a movimentação das placas pivotantes e oferecer espaço para armazenamento de objetos pessoais e de uso cotidiano. Foram ainda inclusas no

subsistema de base as propriedades de aninhamento do seu corpo estrutural, de mobilidade sobre rodas e o abastecimento de energia com a inclusão de baterias estacionárias recarregáveis e painéis fotovoltaicos que permitiriam acionar mecanismos de automação, comunicação e iluminação.

Figura 05: Subsitema base



Concepção do subsistema de base. Fonte: autores.

4. CONCLUSÕES

É possível afirmar que a parametrização dos elementos constituintes do projeto potencializa de fato os ciclos de reflexão e ação e auxilia a formação de uma visão mais integrada das implicações que cada alteração gera em todo o conjunto de elementos. A proporção entre a largura e o comprimento do abrigo pode ser continuamente redefinida e ajustada a diferentes demandas sem que isso implicasse em um redesenho das placas já que elas estavam correlativamente vinculadas às medidas iniciais da base. Uma vez estabelecida esta corrente de vínculos entre os componentes do abrigo foi possível ter maior segurança e posicionamento estratégico para se redefinir a altura total do abrigo, aumentar ou diminuir o espaço interno, propor ou não separações internas e não apenas ajustar o projeto às restrições internacionais mas também conduzir uma visão crítica sobre as próprias restrições, no sentido de propor revisões e melhoramentos.

O formato pivotante das placas criou condições para a adaptação do abrigo às condições de insolação e ventilação. As placas puderam ser fechadas ou abertas em função do vetor de luz solar incidente e a direção dos ventos dominantes, variáveis que se alternam constantemente em função do horário e da localização geográfica. Esta abertura e fechamento permitiram ainda criar configurações mais ou menos privadas de acordo com as demandas dos ocupantes.

Quanto ao envolvimento dos ocupantes no processo de concepção e execução do abrigo existem duas vertentes a serem analisadas. Num primeiro momento, com relação à concepção, é necessário que todo o sistema paramétrico assuma uma condição metaprocessual disponibilizada em plataformas online e programadas de forma a criar condições de visualização clara dos parâmetros e das implicações que eles geram na forma do abrigo para que usuários comuns, sejam outros arquitetos, designers ou membros de organizações de apoio possam acessar, configura seus próprios sistemas de forma rápida e adequá-los às suas realidades locais. Há uma condição ímpar de descentralização do processo e de disponibilização dos resultados para que ele possa ganhar relevância no cenário mundial, e isso constitui uma base importante do que chamamos de inteligência projetual. Não se trata de disponibilizar apenas os códigos de fabricação, mas de criar

interfaces acessíveis para que outras pessoas possam não apenas utilizar mas também aprender a fazer a partir do envolvimento com uma interface que apresenta um sistema existente e em processo.
O processo de prototipagem das peças por impressão 3D está em processo de iniciação para este projeto e suas análises serão realizadas assim que houver um resultado satisfatório. Se espera deste processo contribuições para o projeto das superfícies, seus encaixes, tamanhos, resistência, peso e fatores estéticos. Neste artigo foram trazidos os resultados de concepção e parametrização do projeto do abrigo emergencial, mas para os próximos eventos será possível focar o debate nos aspectos de prototipagem descritos aqui, com fotos, códigos, análises e direcionamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUILINO, Marie Jeannine (Ed.). Beyond shelter: architecture and human dignity. New York, NY: Metropolis Books, 2011.

ESTADO DE MINAS. Cardumes que fugiram do Rio Doce têm vida ameaçada pela má qualidade da água. Online. Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/11/04/interna_gerais,820838/ma-qualidade-da-agua-ameaca-cardumes-que-escaparam-do-rio-doce.shtml > Acesso em: 04 de Novembro de 2016.

FRADE, R. Arquitectura de Emergência. Projectar para zonas de catástrofe. Covilhã, 137 p., 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade da Beira Interior – Engenharia.

IBAMA. Laudo Técnico Preliminar – Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Online. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf. Acesso: 22 Nov 2016.

LOPES, Ana I. F. Urbanismo Emergente: Desenho e processo de planejamento em situações pós-catástrofe. Lisboa, 255p., 2015. Dissertação (Mestrado). Instituto Universitário de Lisboa. Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

MANZINI, Ezio. Design em um mundo conectado e em transformação. Strategic Design Research Journal, 7 (2): 95-99 May-August, 2014.

PAPANEK, V. J. Design for the real world. Human ecology and social change. 2. ed. Chicago: Academy Chicago, 2009.

ROCHA, Bruno M.Complexidade e improvisação em arquitetura. São Paulo, 256 p., 2015. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

SCHUMACHER, P. The Autopoiesis of Architecture: A New Agenda for Architecture. v. 2. Chichester: John Wiley & Sons, 2012.

SINCLAIR, Cameron; STOHR, Kate (Ed.). Design Like You Give a Damn: Architectural Responses to Humanitarian Crisis. Thames & Hudson, 2006.

SPEAKS, M. Inteligência de Projeto. In: SYKES, K. (Ed.). O campo ampliado da arquitetura: antologia teórica 1993-2009. São Paulo: Cosac Naify, 2002. p. 156-164.

442. SUSTENTABILIDADE DE PROJETOS DE REABILITAÇÃO DE HABITAÇÕES: INDICADOR DE EFICIÊNCIA DE ESPAÇO PARA AVALIAÇÃO INICIAL DO PROJETO.

ANDRADE, Joana[1](joana.andrade@civil.uminho.pt); FERNANDES, Eduardo (a58585@alunos.uminho.pt); BRAGANÇA, Luis*[1] *(braganca@civil.uminho.pt)*
[1]Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho (UMinho), Portugal
**Autor Correspondente*

RESUMO
Escolher a reabilitação em detrimento da construção nova tem emergido recentemente como solução para melhorar a sustentabilidade do ambiente construído. Em todas as agendas internacionais constam objetivos em relação à reabilitação urbana e o mercado tem reagido a este incentivo. O edificado existente representa grande parte do futuro do parque habitacional, portanto, os impactes de sustentabilidade (ambiental, social e económico) no futuro terão ainda grande impacte gerado pelo parque habitacional já existente.
Aquando da execução dos projetos de reabilitação, tomam-se decisões em relação ao grau de reabilitação em questão, que podem originar casos de reabilitação profunda, ou apenas uma reabilitação leve. Assim sendo, a inspeção e diagnóstico efetuados ao edificado existente deve se o primeiro passo do projeto. Esta etapa evita demolições desnecessárias e indica as principais patologias a ser debeladas. Além deste passo, a análise de sustentabilidade deve acompanhar o projeto, tão cedo quanto possível, de modo a que possa orientar tomadas de decisão tendo em vista a sustentabilidade.
Desta forma, este trabalho apresenta uma estrutura de como pode uma ferramenta ser desenvolvida para auxiliar as tomadas de decisão numa fase inicial em projetos de reabilitação, tendo em conta princípios de sustentabilidade. A eficiência de espaço é apresentada como um exemplo de um indicador de sustentabilidade. Este indicador é uma adaptação de um indicador previamente desenvolvido para fases iniciais de projeto de moradias unifamiliar. Uma melhorada qualidade e eficiência de espaço pode conduzir a uma habitação mais apelativa visualmente e contribuir para um aumento de conforto e bem-estar; enquanto um reduzido impacte ambiental no seu ciclo de vida pode melhorar o meio ambiente envolvente, e assim reduzindo os impactes negativos do edifício.
A eficiência de espaço não é um ponto fulcral nas avaliações de sustentabilidade correntes, nem sequer para operações de reabilitação. Porém, representa um papel importante na qualidade de vida dos respetivos residentes, para além dos aspetos ambientais que são mais frequentemente referidos. Para adaptar este indicador, é necessário a execução de um estudo paramétrico em projetos de reabilitação já existentes. Foi possível constatar que as atividades de reabilitação frequentemente conferem um aumento na área interna e na área habitável, mantendo a mesma área de construção. Isto demonstra que a eficiência de espaço é constantemente tida em conta no projeto, mesmo quando não é o ponto de foco da reabilitação.
Palavras-Chave: Eficiência de espaço, sustentabilidade, fases iniciais de projeto, reabilitação urbana

BUILDING RENOVATION PROJECTS SUSTAINABILITY: SPACE EFFICIENCY INDICATOR FOR EARLY DECISION MAKING

ABSTRACT

Choosing renovation over new construction has recently emerged for improving built environment sustainability. Targets for building renovation are in all international agendas, and the market is reacting to this call. Existing buildings represent most future building stock, and thus sustainability impacts – environmental, social and economic – will still be imposed by those.

When undertaking renovation projects, decisions must be made whether carrying out minor interventions or entailing great alterations and demolitions. Therefore, inspection and diagnosis of exiting building should be the first sept towards renovation design. This step avoids unnecessary demolitions and indicates the main pathologies needing to be conquered. Beyond this step, sustainability analysis should go along with design, as early as possible, to guide decision making towards sustainability goals.

In this sense, this work presents a framework of how could a tool to aid early stage design decision making towards sustainable goals in renovation projects, be developed. Space efficiency is presented as an example of a sustainability indicator. This indicator is an adaptation of a previously developed indicator for early stage design of new single family buildings. Improved space quality and efficiency can drive attractiveness and contribute to improve comfort and well-being; while lower environmental life cycle impact can improve existing natural environment, reducing the negative impacts of building.

Space efficiency, is not a hotspot of sustainability assessments, not even for renovation projects. However, it plays an important role in inhabitants' life quality and comfort, beyond the environmental related aspects which are more commonly mentioned. To adapt this indicator, a parametric study to existing renovation projects was needed. It was possible to verify that, renovation actions often improve net internal and usable area, keeping the same gross floor area. This shows that, even if need for space is not a driven force for renovation, it is often considered during design.

Keywords: space efficiency, sustainability, early stage design, building renovation

1. INTRODUÇÃO

Os edifícios contribuem para um consumo mundial a larga escala de recursos, produção de resíduos e têm grande impacto no PIB e emprego industrial (FIEC, 2016). A população passa a maior parte do seu tempo dentro de edifícios. Os edifícios promovem abrigo e segurança para além de todas as outras utilizações inerentes ao próprio. A cultura e a qualidade de vida estão diretamente ligadas à qualidade dos edifícios e da sua arquitetura. O património construído é então uma parte integrante da herança sociocultural. Além disso, a maior parte do edificado existente, dentro de cinquenta anos, ainda estará presente e funcional no quotidiano. A construção nova, mesmo que sustentável, tem um baixo potencial de contribuição para a sustentabilidade do parque habitacional, enquanto o edificado existente tem grande potencial para contribuir para essa sustentabilidade geral (Mansfield, 2009). Devem ser encontrados novas utilidades socioeconómicas para os edifícios com herança cultural de forma a manter um desenvolvimento local e ciclos de atividade sustentáveis (Teller; Bond, 2002).

Dados recentes do mercado revelam uma tendência em escolher projetos de reabilitação em detrimento de projetos de construção nova. Ainda assim, Portugal tem um milhão de edifícios a requerer reabilitação e os centros históricos das cidades são uma constante nestas necessidades

(INE & LNEC, 2013). Um aumento no ciclo de vida do parque habitacional tem um impacto positivo nos três alicerces de sustentabilidade. Do ponto de vista ambiental, há um decréscimo da exploração de matérias primas, do impacte ambiental associado, reduz a necessidade de energia, poupa o solo virgem e promove uma contenção das áreas impermeáveis, reduzindo o número de cheias e deslizamento de terras (Sassi, 2006).

Evitar a dispersão urbana diminui as necessidades de transporte, evitando assim emissões adicionais de CO_2 e um aumento na exploração de combustíveis fósseis. A qualidade na vertente social da sustentabilidade é aumentada através da conservação do património construído, promovendo a história e a preservação e protegendo ícones culturais. Acrescentado ao anteriormente descrito, um aumento na qualidade de vida interior de uma habitação ocorre com uma otimização da qualidade do ar e das condições térmicas e acústicas. A funcionalidade de um edifício pode ser elevada, moldando o edifício às necessidades dos seus utilizadores; a área de um compartimento pode ser adaptada às necessidades do utilizador e assim tornar-se mais eficiente. Por fim, melhorar o conforto através da melhoria dos elementos do edifício pode conduzir a poupanças energéticas, assim como melhores condições de saúde, o que traduz em poupanças no consumo energético e em despesas médicas. Escolher a reabilitação em detrimento da construção nova pode reduzir os custos de investimento. Num panorama mais amplo, a economia de local de cidades e municípios pode ser aumentada através da reabilitação dos seus edifícios devido à atração turística que origina e ao crescente interesse da população em viver próxima dos centros históricos das respetivas cidades.

Tal como na execução de um projeto de construção nova, um projeto de reabilitação requer uma panóplia de decisões durante a sua execução. Apesar do grande número de técnicas de reabilitação disponíveis no mercado, escolher uma solução torna-se uma decisão complexa devido ao número de variáveis a ter em conta, tais como as características do edifício, orçamento disponível, objetivo do projeto, etc. O processo de decisão da respetiva solução nem sempre é baseado no desempenho de sustentabilidade individual do edifício, deve também ter-se em conta os custos do seu ciclo de vida (LCC), tal como os seus benefícios sociais e ambientais.

Há algumas ferramentas para auxiliar o processo de decisão da solução de reabilitação (Alanne, 2004, Juan et al., 2009, VTT, 2013). Contudo, a maior parte das ferramentas apenas considera um número limitado de critérios, maioritariamente económicos e de eficiência energética (Alanne, 2004).

Neste contexto é importante desenvolver formas de auxiliar as equipas de desenvolvimento a selecionar as melhores opções durante as fases de desenvolvimento do projeto de reabilitação, tanto em edifícios singulares como em áreas de reabilitação urbana, para assim melhorar a sustentabilidade do ambiente construído. Esta decisão deve considerar melhorias aos níveis de sustentabilidade, mas também dos custos do ciclo de vida.

Este trabalho apresenta uma ideia para uma ferramenta de auxílio à tomada de decisões para operações de reabilitação em fases iniciais do projeto. A eficiência de espaço é apresentada como um exemplo de um indicador de sustentabilidade. Este indicador é uma adaptação de um indicador desenvolvido anteriormente para fases iniciais de projeto em construção edifícios multifamiliares. Uma melhoria da qualidade e eficiência do espaço pode conduzir a um aumento da sua atratividade aos utilizadores e assim contribuir para um aumento de conforto e bem-estar; enquanto um baixo impacte ambiental no ciclo de vida do edifício pode melhorar a envolvente da natureza existente, reduzindo assim os impactes negativos do edifício.

2. PAPEL DA EFICIÊNCIA DE ESPAÇO EM OPERAÇÕES DE RABILITAÇÃO EM HABITAÇÕES

Projetar operações de reabilitação não difere muito do projeto de construção nova. Os passos são similares e são desenvolvidos pelos mesmos intervenientes. A principal diferença é que um projeto de reabilitação tem preocupações *à priori*, visto que se trata de um edifício com características e patologias características para debelar.

Estes projetos requerem uma abordagem específica para minimizar o impacte dos edifícios num compromisso entre funcionalidade, segurança, inspeção e diagnóstico. O processo é habitualmente alicerçado em três princípios: (i) inspeção e diagnóstico ao edifício, avaliar o estado atual da construção, detetar quaisquer problemas e suas respetivas causas e fazer a avaliação da eficiência das atuais soluções construtivas de forma a ver quais podem ser mantidas; (ii) projetar a intervenção baseada nos resultados anteriores (resultados do ponto (i)), facultando assim uma solução personalizada a cada edifício, e por último, (iii) monitorizar as soluções preconizadas de modo a avaliar a sua eficiência depois da implementação (Quelhas et al., 2014). Desta forma, a tomada de decisão deve ser adaptável às necessidades do edifício e do cliente. Apesar da grande necessidade de ferramentas de auxílio à tomada de decisão, a existência destas ferramentas é ainda bastante pobre. As que existem, quando aplicadas, têm o intuito de validar, e racionalizar as decisões já tomadas em vez de apoiarem a decisão.

Habitualmente, são as preocupações energéticas ou estruturais a geram interesse na reabilitação, ainda que a eficiência e qualidade de espaço sejam considerados durante a projeção da reabilitação, não são, geralmente, o seu habitual foco. Porém, incluir estes aspetos pode tornar os edifícios reabilitados mais atrativos, fornecendo um valor acrescido tanto para os investidores como para os utilizadores. As medidas tomadas para reabilitar problemas energéticos ou estruturais podem influenciar a qualidade e eficiência de espaço mesmo que inicialmente não tenham sido preconizadas para isso. Por exemplo, melhoria das áreas envidraçadas, aumento do isolamento pelo interior, ou reforçar pilares interiores pode afetar a qualidade do espaço. Acre; Wyckmans (2014) definiu a qualidade de espaço como sendo uma consequência da visão, espaçamento interno e organização de espaço, transição entre espaços públicos e privados, e as densidades humanas e construídas compreendidas. Em ferramentas BSA, a eficiência de espaço é habitualmente ligada a assuntos relativos à utilização de terreno bruto. Neste estudo, a eficiência de espaço diz respeito à melhoria da área útil e habitável dentro de uma dada área de construção.

Uma elevada eficiência de espaço é fundamental para impulsionar um ambiente construído sustentável, desempenha um papel muito importante na definição do desempenho de três pilares da sustentabilidade. A relação entre eficiência de espaço e ambiente é inegável: quanto menos terreno bruto o edifício utilizar, mais amigo do ambiente se torna; menos materiais utilizados, menos matérias primas exploradas e menos solo natural é perturbado. Também, com áreas mais pequenas a energia utilizada para aquecer, arrefecer ou iluminar, reduz. É possível ter a mesma área útil com um menor uso de área bruta, se as soluções construtivas apropriadas forem escolhidas e se um bom projeto for preconizado (Bragança et al., 2016). Além disso, uma maior margem de lucro é possível como uma maior eficiência de espaço, particularmente nas áreas onde os preços das habitações são mais caros. Os custos de construção e execução podem também reduzir se a eficiência de espaço é melhorada, e áreas restritivas evitadas. A satisfação do utilizador, produtividade ou bem-estar geral são todos afetados pela eficiência do espaço. um espaço eficiente um agradável ambiente interior e um espaço claramente delineado.

Planeamento e eficiência de espaço devem ser um alvo consensual num projeto de habitação visto que é crucial para a qualidade do projeto. Deve considerar a satisfação do utilizador, a função primária do edifício, e não apenas o rácio entre área de construção e área habitável, para assim

promover uma tomada de decisão informada assim como espaços mais eficientes. As necessidades de estilo de vida do utilizador, bem como o número de utilizadores, restringem a quantidade de espaço requerido na habitação. Os utilizadores bem como os seus estilos de vida mudam com o curso do tempo. Portanto, se o planeamento é bem preconizado, pode conseguir satisfazer as necessidades dos seus utilizadores ao longo do ciclo de vida. Esta capacidade de adaptação relembra o conceito de ”solução para a vida” que é bastante relacionado com um eficiente planeamento de espaço e adaptabilidade do espaço (Memken et al., 1997).
Apesar do exterior de dois ou mais edifícios diferentes ser semelhante em área e volume gerais, a forma como o espaço é distribuído e a planta interna efetuada pode facilmente restringir a área habitável (Ashworth; Perera, 2015). Portanto, mais que soluções construtivas ou áreas limitadas por exigências legais, o papel do projetista é crucial para um proveitoso e eficiente planeamento de espaço.
Quando se lida com habitações e o seu espaço habitável, é relevante analisar a forma como as famílias vivem nas suas casas. RIBA (2016) averiguou que a procura soluções adaptáveis está a aumentar, o que significa que as pessoas estou a começar a valorizar mais o seu espaço e o que fazer com ele; o espaço e a sua perceção estão a mudar em linha com novos padrões de vida. Estas exigências são particularmente relevantes em projetos de reabilitação onde os elementos dos edifícios existentes condicionam a organização do espaço e redes de abastecimento. Apenas existem alguns estudos focados em reabilitações de eficiência e qualidade de espaço em habitações, e os que se focam em reabilitação sustentável incidem apenas em parâmetros ambientais (Acre; Wyckmans, 2015, Pombo et al., 2016, Itard; Klunder, 2007). Este trabalho tenta, portanto, avançar rumo a uma promissora área de estudo dentro da reabilitação sustentável.

3. MÉTODOS DE PESQUISA

De forma a melhor compreender a evolução e transformação da funcionalidade e flexibilidade dos espaços recorreu-se à análise casos práticos de trinta e sete edifícios fornecidos pelo NCREP - Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património. Estes casos dizem respeito a operações de reabilitação realizadas no concelho do Porto, Portugal, em edifícios exclusivamente residenciais ou maioritariamente residenciais constituídos por várias habitações. As operações de reabilitação foram realizadas 2011 e 2014 em edifícios anteriores a 1990 e as áreas de construção dos trinta e sete edifícios têm uma média de 442,38 m^2. Os edifícios analisados têm, na sua maioria, uma estrutura principal constituída por (i) paredes de meação em alvenaria de granito e/ou tabique misto, e (ii) estrutura dos pavimentos e da cobertura são compostas por vigas de madeira (madeira de castanho, pinho nacional ou nórdico). A estrutura secundária é constituída por (i) paredes das fachadas, usualmente em alvenaria de pedra (granito), ou, quando se trata de pisos acrescentados, em tabique misto ou tabique simples; (ii) paredes interiores de compartimentação e da caixa de escadas, em tabique simples ou tabique simples reforçado; (iii) estrutura das escadas; (iv) estrutura da clarabóia e pelas (v) estruturas das águas furtadas ou de outros elementos de pequena dimensão que pontuam as coberturas.
Foram avaliadas as áreas dos diferentes casos, mais propriamente, áreas úteis, habitáveis e áreas internas. Com os dados recolhidos e, recorrendo a análises paramétricas, procurou-se correlacionar os dados de forma a encontrar padrões distintos e relevantes que suportem ou contrariem o que se afirma neste artigo científico.

4. DESENVOLVIMENTO DO INDICADOR DE EFICIÊNCIA DE ESPAÇO

A forma como um edifício é projetado, a geometria, a organização dos compartimentos, e outros aspetos de layout podem influenciar a eficiência do espaço. Além disso, o rácio entre área de construção[1] e área útil[2] e/ou área habitável[3], pode também ser influenciado pela solução construtiva a ser utilizada. Diferentes soluções construtivas requerem diferentes espaços, devido a vigas, pilares e outros compostos aplicados. A utilização de uma parede com uma estrutura em aço poupa um terço do espaço quando comparada com a típica solução de alvenaria (Bragança; Mateus, 2012). Esta área pode depois ser utilizado para otimizar a área habitável das divisões habitáveis, tais como quartos. Tratar de eficiência de espaço em projetos de reabilitação é ainda mais relevante, visto que requer um profundo conhecimento da estrutura existente. Se o alvo for manter os elementos existentes o máximo possível, os projetistas devem ter em atenção que há limitações na estrutura atual, e devem tentar tirar vantagem com cuidado dos elementos existentes.

Numa fase inicial do projeto, especialmente em projetos de construção nova, o número exato de compartimentos habitáveis (que conduz à área habitável) pode ainda ser desconhecido, tal como a área útil. A procura pela análise do rácio entre área útil e área interna e a sua dependência da tipologia construtiva levou a um estudo paramétrico efetuado para avaliar uma possível relação entre área de construção e área útil e/ou área habitável por tipologia construtiva. Este estudo também permitiu traçar *benchmarks* para a área por utilizador. Para tal, a metodologia proposta por Castro et al. (2015) foi posto em prática. A "prática convencional" foi considerada como a *mediana* dos dados avaliados, 20,76 m^2/p. A "melhor prática" foi o limite inferior do primeiro quartil, o que significa que a fronteira dos valores intermédios de 50% é 20,76 m^2/p.

No caso da reabilitação, as soluções construtivas utilizadas para construir novos elementos devem ser o mais similares possível às já existentes ou as que originam uma menos perda de área interna. Com este princípio em mente, um estudo similar foi conduzido para a reabilitação de edifícios. O objetivo foi desenvolver um indicador quantitativo, baseado em dados existentes aquando da avaliação, de modo a guiar os projetistas para um modo mais eficiente de planeamento de espaço. foi decidido que incluir dois aspetos da avaliação que tinha sido feita pela ferramenta de construção nova: (i) uso da área disponível e, (ii) área disponível por residente. O segundo parâmetro utiliza o mesmo procedimento para a nova construção, tal como se apresenta brevemente. o primeiro foi adaptado para reabilitação, como apresentado em baixo. Há outros possíveis parâmetros para avaliar a eficiência de espaço, mas esses são altamente relacionados com o aspeto e arquitetura do edifício, assim como as necessidades do cliente. Estes seriam impossíveis de incorporar nesta avaliação por duas razões principais. Primeiro, numa fase inicial de projeto não há planos definidos quanto à organização interna do edifício. Seria, portanto, imprudente adicioná-los nesta fase. Segundo, porque pode trazer subjetividade à ferramenta, visto que as necessidades de um cliente podem não ser as mesmas de outro, e assim o que pode eficiente para um pode não ser o caso para outro.

De seguida, a pesquisa necessária para o desenvolvimento do cálculo do parâmetro é apresentada.

---

[1] **Área de Construção |** superfície total de um edifício, medida externamente em cada piso. Inclui todos os espaços dentro do edifício, tais como varandas, sótãos terraços e espessura das paredes exteriores.

[2] **Área útil |** Soma das áreas dentro de um edifício, inclui compartimentos habitáveis, zonas de circulação verticais e horizontais, mobiliário embutido e instalações sanitárias. Exclui a espessura das paredes externas.

[3] **Área Habitável |** Área no interior do edifício destinada para aos utilizadores usufruírem regularmente. Exclui áreas de circulação, instalações sanitárias, compartimentos não habitáveis (sem luz natural), e anexos exteriores. É medido pela face interna das paredes de delimitam o compartimento.

4.1 Avaliação da evolução da área disponível: pré- e pós-reabilitação

Ao contrário do estudo da construção nova, é impossível relacionar área disponível com a tipologia construtiva, visto que todos os projetos analisados usam praticamente as mesmas soluções. O estudo paramétrico analisou assim alguns edifícios, trinta e sete, comparando áreas em situações de pré- e pós-reabilitação, verificando como as ações podem aumentar ou diminuir a eficiência de espaço.

Para analisar e assinalar as diferenças entre pré- pós- reabilitação, foram identificadas as variações na área de construção, área habitável e área útil. Através destas variações foi possível identificar casos onde a área de construção se manteve igual, mas a área interna reduziu e a área habitável aumentou. Habitualmente, quando a área de construção não se altera e a área interna reduz, traduz-se a uma reabilitação nas paredes exteriores com um aumento de isolamento térmico, o que reduz a área interna. Casos como este podem também significar que apesar da área interna ter reduzido, os projetistas conseguiram adaptar as divisões para que a área habitável aumente, ou, como verificado pelos casos analisados, os projetistas habitualmente reduzem o número de divisões físicas, o que automaticamente se traduz num aumento da área útil e habitável visto que o espaço previamente ocupado por paredes divisórias se encontra agora disponível para ser utilizado (
Figura 1). Casos como este representam as melhores práticas de projeto, uma vez que o espaço é tido em conta de uma forma em que pode ser eficientemente utilizado pelos utilizadores. A área útil é também importante de considerar, além de espaços habitáveis, como quartos, inclui também cozinhas, e instalações sanitárias, onde a eficiência de espaço é também relevante. Mais de dois terços (77%) dos edifícios analisados teve um aumento na sua área habitável após operações de reabilitação, enquanto 75% teve um aumento na área útil, 44% teve um aumento na área interna e 69,4% manteve a mesma área de construção. Mesmo sabendo que os aspetos funcionais não são habitualmente o que move as atividades de reabilitação, aquando da execução do projeto, esses aspetos acabam sempre por surgir e isso faz com que os projetistas tenham mais cuidado quando olham para o espaço. Para ser sustentável, não é suficiente para um edifício ter um baixo impacte ambiental, tem de servir também as necessidades dos seus utilizadores (Sassi, 2006).

A variação de divisões físicas é também um importante indicador de eficiência de espaço, a redução de parede divisórias traduz-se num potencial aumento de área útil, visto que o espaço previamente ocupado, pode agora ser contabilizado como área útil. Tal como o gráfico da
Figura 1 indica, o número de divisões físicas tem tendência a decrescer após o processo de reabilitação. Mais de dois teros dos casos (69,4%) viu o seu respetivo número de divisões físicas ser reduzido, e apenas 13,9% aumentou o número de divisões físicas, casos que foram tipicamente associados a um aumento da habitação anterior. A média representada indica uma variação negativa média de 2,8 divisões e a mediana uma variação negativa de 2 divisões. Apesar de não apresentarem valores muito elevados, a média e a mediana representam um cenário constante nesta análise.

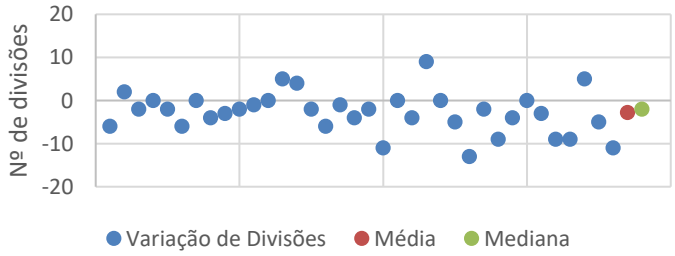


Figura 1 – **Representação gráfica da variação do número de divisões físicas de trinta e sete projetos de reabilitação, inclui média e mediana para melhor análise.**

Como discutido anteriormente, a área habitável e a área útil são válidos e importante indicadores para avaliar um projeto de reabilitação. No estudo efetuado, verificou-se um aumento de 75% na área útil e 77,8% na área habitável tal como representado graficamente na Figura 2 e Figura 3, respetivamente. Tanto a área útil como a habitável tem alguns picos de valores atípicos que dizem respeito a casos de reabilitações profundas com grandes aumentos ou o oposto, demolição de uma parte instável da habitação. Estes casos não dizem respeito às reabilitações mais rotineiras executadas mais frequentemente visto que em 69,4% dos casso a área de construção não se altera. A média e a mediana da variação da área útil e da área habitável revelam um ligeiro, mas constante, aumento que revela uma tendência de ambos os indicadores aumentarem em operações de reabilitação padrão. Para a área útil, a média e a mediana são de 14,7 m^2 e 6,48 m^2, respetivamente.

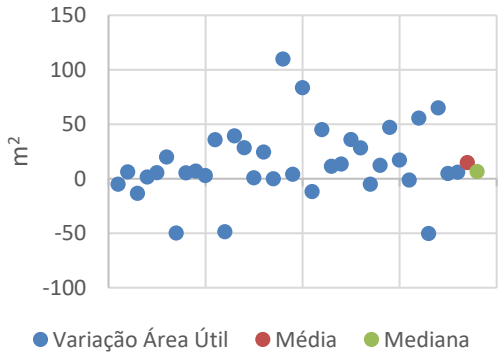


Figura 2 – Representação da variação da área útil.

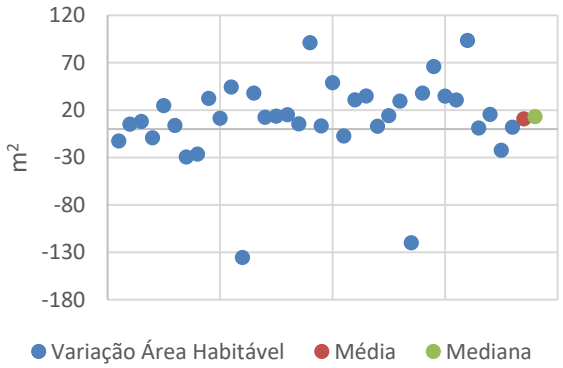


Figura 3 – Representação da variação da área habitável.

A área habitável é sempre inferior que a área útil, num cenário exagerado a área habitável pode ser no máximo igual à área útil. É do interesse dos projetistas maximizar a área habitável, tendo em conta que representa a área da habitação onde os utilizadores mais tempo passam. Então, o rácio entre área habitável e área útil é um bom indicador de eficiência de espaço, onde um rácio com um valor alto indica uma boa eficiência de espaço do projeto. Dos casos analisados, apesar do aumento não ter sido significante, ainda assim mostrou um aumento nos valores máximo e mínimo e na média e mediana, tal como representado na Figura 4. Uma análise mais detalhada revelou que acerca da variação do rácio dos cenários de pré- e pós-reabilitação tem uma média 0,71% e uma mediana de 2,1%, ambos valores bastante baixos, mas ainda nos mostra que em 63,9% dos casos analisados, ocorreu um aumento no rácio entre a área habitável e a área útil após a operação de reabilitação. De facto, permite-nos observar que apesar dos aumentos não serem muito elevados, há uma evidente tendência em aumentar a área útil reservada para espaços habitáveis em detrimento de espaços de arrumos ou instalações sanitárias.

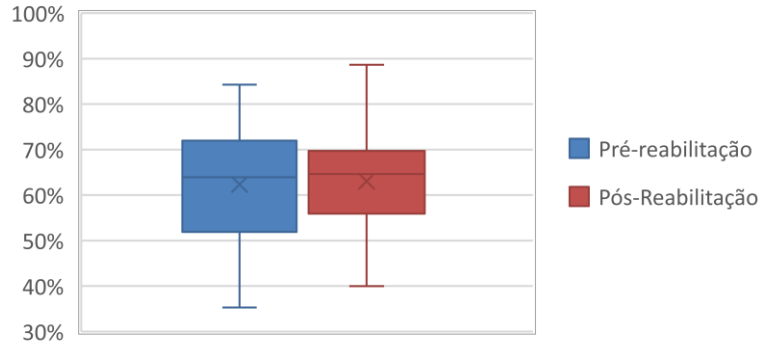


Figura 4 – Caixa de bigodes que compara os valores do rácio entre as áreas habitável e útil em pré- e pós-reabilitação.

Com os dados disponíveis, foi decidido confiar na distribuição do quartil do rácio entre área habitável e área construída para dar aos projetistas uma ideia sobre como proceder aquando da tomada de decisão para tirar o máximo de vantagem possível do espaço interior disponível. Esta decisão foi tomada apesar de ter sido previamente afirmado que apenas este rácio não é suficiente para caracterizar eficiência de espaço. Primeiro, como os dados disponíveis para o estudo eram escassos, seria imprudente tentar admitir qualquer outra correlação; segundo, outro parâmetro – área disponível por residente – foi também incluído na avaliação de eficiência de espaço para ajudar a estabelecer uma relação entre espaço e qualidade de vida. Desta forma, o projetista deve conseguir introduzir os seguintes dados: (i) área da parcela e índice de máxima utilização de área ou; (ii) área construída máxima; (iii) nível indicativo de desempenho obtido. Então, a ferramenta estima a mínima área habitável para obter o nível de desempenho indicativo com a Eq. 1.

$$Área\ Habitável_{ren} = \%_{mini} \times Área\ Construída_{foreseen} \qquad \text{Eq. 1}$$

Onde, Área Habitável$_{ren}$ é a área habitável prevista em m^2; $\%_{mini}$ é o valor de rácio mínimo entre área habitável e área construída necessário para atingir o desempenho de nível *i*, e Área Construída$_{foreseen}$ é a área construída esperada em m^2

4.2 Área disponível por habitante

O estudo abaixo apresentado permite classificar a área habitável disponível por habitante, auxiliando assim os projetistas a orientar o projeto de acordo com um nível de desempenho desejado. Quanto mais alta a área por residente melhor, até a um máximo definido, obviamente. Foram estabelecidos três níveis que têm como limite os valores obtidos para a prática convencional e a melhor prática.

Os projetistas devem inserir o número esperado de residentes e a área habitável obtida no parâmetro anterior. A ferramenta irá então calcular a área habitável por residente e demonstrar o respetivo nível de desempenho. O nível de desempenho é obtido posicionando o valor obtido no gráfico da Figura 5. Uma nota será apresentada aos utilizadores, lembrando que a área habitável por residente pode ser melhorada com as opções de organização interior; o valor obtido é apenas uma estimativa. Os projetistas serão também avisados que eles podem tentar obter um desempenho maior se o valor da área habitável por residente for otimizado. A Tabela 1 apresenta

os níveis de desempenho para este parâmetro. A Figura 5 exemplifica os dados introduzidos e os obtidos como resultado da ferramenta, com um exemplo de avaliação

Tabela 1. Níveis de desempenho de acordo com a distribuição de quartil

Níveis de Desempenho	Descrição
Level 1	≥ 18,08 m^2/p
Level 2	≥ 20,76 m^2/p
Level 3	≥ 25,60 m^2/p

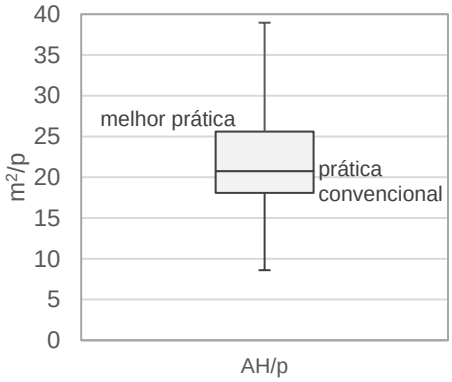


Figura 5 - Benchmarking para a área habitável por residente

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Portugal tem cerca de seis milhões de alojamentos espalhados por três milhões e seiscentos mil edifícios residenciais, dos quais 4,41% necessitam de grandes reparações ou estão muito degradados. A idade média do parque habitacional era 40,04 anos em 2011 e 36,9% do parque habitacional foi construído antes de 1970. O atual número de edifícios a necessitar de reabilitação deve atualmente, portanto, ser mais elevado que o apresentado, uma vez que as necessidades de reabilitação podem dizer respeito a, por exemplo, eficiência energética, funcionalidade, ou adaptabilidade a novas necessidades, além das necessidades estruturais apresentadas nos censos. O mercado português tem demonstrado um crescente interesse e investimento em reabilitação urbana, em detrimento do investimento em construção nova.

Quando se lida com habitações e o seu espaço habitável, é relevante analisar como é que as famílias estão a viver nas suas casas. Oliveira (2012) verificou que a área útil *per capita* é 28,83 m^2 e a área habitável *per capita* é 20 m^2. Isto significa que a área habitável *per capita* é menos de 30% da área útil *per capita*. É de ressalvar que se constatou que rácio área habitável *per capita* é igual independentemente da tipologia construtiva e do número de divisões, ao contrário do outro rácio. Estas estatísticas ajudaram a alcançar um rácio ideal entre área habitável e número de residentes. Desta forma, a reabilitação do parque habitacional representa uma oportunidade de melhorar o seu desempenho tendo em vista os objetivos de sustentabilidade. Os edifícios mais velhos têm de ser intervencionados para as necessidades sociais modernas e qualidade de vida, e consequentemente a condições de conforto interior serão melhoradas. A arquitetura histórica pode ser adaptada e

reutilizada, enquanto se preserva a herança cultural e se contribui para o impacte ambiental do ciclo de vida do edifício.

Na bibliografia analisada constata-se que quando as preocupações de sustentabilidade são incluídas em fases iniciais do projeto, a probabilidade de atingir esses objetivos é maximizada. Há, portanto, uma necessidade de implementar ferramentas para auxiliar tomadas de decisão em projetos de reabilitação para impulsionar a implementação de medidas de sustentabilidade aquando da reabilitação de um edifício. Este trabalho explanou algumas ideias para uma ferramenta de fases iniciais do projeto ser adaptada para projetos de reabilitação.

A eficiência de espaço for apresentada como um exemplo de adaptação de um indicador. Este aspeto não é um ponto fulcral na avaliação de sustentabilidade, nem para projetos de reabilitação. Contudo, representa um papel importante na qualidade de vida e conforto dos utilizadores, além dos aspetos relacionados com o ambiente que são mais frequentemente abordados. Para adaptar este indicador era necessário executar um estudo paramétrico em projetos de reabilitação existentes. Apesar de o número de edifícios analisados não ser vasto, foi possível verificar que as operações de reabilitação otimizam a área útil e habitável, mantendo a mesma área interna, isto demonstra que, mesmo que a otimização do espaço não seja o que habitualmente move as atividades de reabilitação, é um aspeto frequentemente tido em conta no desenvolvimento do projeto de reabilitação. Este indicador apresentado é uma simples e fácil forma dos projetistas comparem alternativas de projeto e basearem as tomadas de decisão em princípios de reabilitação. No entanto, continua a ser necessário uma pesquisa mais profunda para estudar o papel da eficiência de espaço no contexto de projetos de reabilitação, a sua contribuição para a sustentabilidade e para melhorar as ferramentas de auxílio à avaliação sustentabilidade para reabilitação de edifícios em geral.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia – Portugal) com o programa de financiamento POPH/FS, sob a Bolsa SFRH/BD/76043/2011 atribuída a Joana Bonifácio Andrade e foi executado no contexto de ações de pesquisa desenvolvidas no âmbito da rede URBENERE apoiada pelo CYTED “Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarollo”. Os autores querem também agradecer ao NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património pelos dados fornecidos nos quais foi baseado este trabalho.

7. REFERÊNCIAS

ACRE, F. & WYCKMANS, A. 2014. Spatial quality determinants for residential building renovation: A methodological approach to the development of spatial quality assessment. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development,* 5**,** 183-204.

ACRE, F. & WYCKMANS, A. 2015. Dwelling renovation and spatial quality: The impact of the dwelling renovation on spatial quality determinants. *International Journal of Sustainable Built Environment,* 4**,** 12-41.

ALANNE, K. 2004. Selection of renovation actions using multi-criteria “knapsack” model. *Automation in Construction,* 13**,** 377-391.

ASHWORTH, A. & PERERA, S. 2015. *Cost studies of buildings,* London and New York, Routledge.

BRAGANÇA, L., ANDRADE, J. & MATEUS, R. 2016. Planning and Constructing. *In:* HAUKE, B., KUHNHENNE, M., LAWSON, M. & VELJKOVI, M. (eds.) *Sustainable Steel Buildings: A Practical Guide for Structures and Envelopes.* John Wiley & Sons Inc.

BRAGANÇA, L. & MATEUS, R. 2012. *Life cycle analysis of buildings - Environmental impact of building elements,* Portugal, Multicomp.

CASTRO, M., MATEUS, R., SERÔDIO, F. & BRAGANÇA, L. 2015. Development of Benchmarks for Operating Costs and Resources Consumption to be Used in Healthcare Building Sustainability Assessment Methods. *Sustainability,* 7**,** 13222.

EUROPEAN CONSTRUTION INDUSTRY FEDERATION 2016. Key Figures Activity 2015 – Construction in Europe. Brussels: FIEC.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA & LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL 2013. O parque habitacional e a sua reabilitação - análise e evolução 2001-2011. *In:* INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, I. P. & LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P. (eds.). Portugal: INE, I.P.

ITARD, L. & KLUNDER, G. 2007. Comparing environmental impacts of renovated housing stock with new construction. *Building Research & Information,* 35**,** 252-267.

JUAN, Y.-K., KIM, J. H., ROPER, K. & CASTRO-LACOUTURE, D. 2009. GA-based decision support system for housing condition assessment and refurbishment strategies. *Automation in Construction,* 18**,** 394-401.

MANSFIELD, J. 2009. Sustainable refurbishment: policy direction and support in the UK. *Structural Survey,* 27**,** 148-161.

MEMKEN, J. A., GDRBER-DYAR, C. & CRULL, S. 1997. Space Planning in Residential Design. *Housing and Society,* 24**,** 69-93.

OLIVEIRA, A. 2012. *A Casa Compreensiva: A convivencialidade na concepção arquitectónica das tipologias de habitação em Portugal continental.* Doctoral Degree in Social Sciences Doctoral Thesis, Universidade Fernando Pessoa.

POMBO, O., RIVELA, B. & NEILA, J. 2016. The challenge of sustainable building renovation: assessment of current criteria and future outlook. *Journal of Cleaner Production,* 123**,** 88-100.

QUELHAS, B., CANTINI, L., GUEDES, J. M., DA PORTO, F. & ALMEIDA, C. 2014. Characterization and Reinforcement of Stone Masonry Walls. *In:* COSTA, A., GUEDES, M. J. & VARUM, H. (eds.) *Structural Rehabilitation of Old Buildings.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

RIBA 2016. RIBA Future Housing Design Trends: 2015. United Kingdom: RIBA Architecture.com.

SASSI, P. 2006. *Strategies for sustainable architecture,* London; New York, Taylor & Francis.

TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND 2013. EcoProP 4.3.1 [software]. 4.3.1 ed. Finland.

TELLER, J. & BOND, A. 2002. Review of present European environmental policies and legislation involving cultural heritage. *Environmental Impact Assessment Review,* 22**,** 611-632.

453. ANÁLISE E DEFINIÇÃO DE UM ANO METEOROLÓGICO TÍPICO (TMY) PARA ARAPIRACA-AL, A PARTIR DAS METODOLOGIAS TMY E TMY2

NUNES, Ana Maria Laurindo André[*1](amnunes.arq@gmail.com); SILVA, Mônica F. da[2] (monica_fers@hotmail.com); BARBOSA, Ricardo V. R.[3](rvictor@arapiraca.ufal.br)*
[1,2,3] Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O Ano Meteorológico Típico (Typical Meteorological Year - TMY) é um ano representativo, composto pelos dados climáticos de uma determinada região. Para obtenção do TMY são necessários dados de quatro variáveis meteorológicas (temperatura de bulbo seco, temperatura de ponto de orvalho, radiação global total diária e velocidade do vento) para cada mês do período de tempo estudado. O objetivo desta pesquisa é definir o TMY para a cidade de Arapiraca-AL, de acordo com duas diferentes metodologias (TMY e TMY2), e comparar com os resultados obtidos para o Ano Climático de Referência (Test Reference Year - TRY), que foi objeto de estudo de pesquisa precedente. Para encontrar o TMY foram utilizados 9 índices climáticos: temperaturas máximas, mínimas e médias de bulbo seco, temperaturas máximas, mínimas e médias de ponto de orvalho, radiação global e velocidades máximas e médias do vento. Esses dados foram tratados estatisticamente pelo método de Finkelsteir-Schafer (FS) e, com uma soma ponderada dos valores de FS, chegou-se aos meses candidatos ao TMY, selecionados de acordo com equações estatísticas utilizadas em estudos semelhantes realizados em outras localidades. Assim, notou-se que o TMY de Arapiraca possui os valores climáticos de 2012 em janeiro e fevereiro, 2013 em março, junho, agosto, outubro e novembro, 2011 em abril e julho, 2014 em setembro e 2009 em dezembro. Já o TMY2, cuja metodologia desconsidera os meses com valores extremos de dados, utilizou anos diferentes para cada mês. Os resultados obtidos com as metodologias para o TMY, TMY2 e TRY mostraram que não existe grande diferença entre eles, mas, apesar de o TMY e o TMY2 terem apresentado anos diferentes para a maioria dos meses e o TRY utilizar um mesmo ano para todos os meses, os valores e comportamentos gráficos obtidos foram semelhantes.
Palavras-chave: Ano Meteorológico Típico. Arquitetura bioclimática. Comportamento climático. Arapiraca.

ANALYSIS AND DEFINITION OF A TYPICAL METEOROLOGICAL YEAR (TMY) FOR ARAPIRACA-AL, FROM TMY AND TMY2 METHODOLOGIES

ABSTRACT
The Typical Meteorological Year (TMY) is a representative year, compound for weather dates from the region determined. To get the TMY is need dates to four meteorological variables (dry bulb temperature, dew point temperature, daily total global radiation and wind speed) for each month during all time period studied. The objective for this search is to define the TMY to Arapiraca-AL, according with two different methodologies (TMY e TMY2), and to compare with the results got to the Test Reference Year (TRY), that was study object from a previous search. To find the TMY was used 9 weather index: maximum, minimum and mean dry bulb temperatures, maximum, minimum and mean dew point temperatures, global radiation and maximum and mean wind speeds. This dates was statistically processed with Finkelsteir-Schafer method (FS) and, with a weighted sum of values from FS, the candidate months to TMY were reached. It was selected according with statistics

equations used in similar studies carried out in other localities. So, it was noted that the TMY to Arapiraca has weather dates from 2012 to january and february, 2013 to march, june, august, october and november, 2011 to april and july, 2014 to september and 2009 to december. The TMY2, whose methodology disregard months with extreme data values, used different years for each month. The results obtained with the methodologies to the TMY, TMY2 and TRY saw no have big differences between them, but, despite of the TMY and the TMY2 have introduced different years to the majority months and the TRY to use the same year to all months, the values and graphical behaviors were similar.
Keywords: Typical Meteorological Year; Bioclimátic architecture; Climate behavior; Arapiraca.

1. INTRODUÇÃO

Para projetar no campo da arquitetura e do urbanismo faz-se necessário, entre outros, o conhecimento do clima local, para que se possa garantir o aproveitamento dos condicionantes climáticos no projeto de uma edificação ou no planejamento urbano de uma determinada área. O campo da arquitetura responsável por buscar soluções criativas e inovadoras de adaptação do projeto ao clima local é chamado de Arquitetura Bioclimática (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Existem softwares desenvolvidos com a finalidade de auxiliar na concepção de estudos e estratégias que viabilizem o uso do clima como promotor de conforto térmico em edificações. Para isso, softwares como o *Analysis BIO*, por exemplo, necessitam de dados climáticos horários de um ano inteiro. Porém, para atingir maior precisão nos resultados, é necessário analisar dados de um maior período.

Neste trabalho, foi estudado município de Arapiraca, localizado na mesorregião do Agreste Alagoano, na parte central do Estado, entre a latitude 9°75'25'' Sul e longitude 36°60'11'' Oeste. Abrange uma área de 410 km², com população aproximada de 215.000 habitantes e densidade demográfica de 600,2 hab./km², segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2010).

Em maio de 2008, Arapiraca recebeu uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que, desde então, gera dados meteorológicos horários do município. Tem-se, então, 8 anos completos de dados (de maio de 2008 a abril de 2016). Para escolher o ano utilizado para definir as estratégias, as duas metodologias mais comumente utilizadas são o Ano Climático de Referência (Test Reference Year – TRY) e o Ano Meteorológico Típico (Typical Meteorological Year – TMY).

O TRY é um ano existente, definido através da eliminação dos anos cujos dados de temperatura possuem valores médios mensais extremos até que se tenha somente um ano de dados médios. Já o TMY é um ano representativo, composto pelos dados climáticos de uma região, analisando isoladamente quatro variáveis climáticas em cada mês de um determinado período de tempo. A partir disso, escolhe-se um único valor resultante para cada mês, formando um ano fictício, mas com dados mensais mais próximos à realidade.

Uma vez que Silva (2015) definiu o ano de 2010 como TRY de Arapiraca, este trabalho visa definir o TMY para a localidade e comparar os resultados dos dois anos.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo identificar o Ano Meteorológico Típico (TMY) da cidade de Arapiraca-AL para possibilitar o uso deste em softwares que apontem as recomendações bioclimáticas

construtivas e urbanísticas mais indicadas para o clima da cidade, bem como definir o TMY para a cidade de Arapiraca-AL e comparar os resultados obtidos com os do TRY, por ter sido objeto de estudo de pesquisa precedente.
Dessa forma, o estudo visa compreender qual a metodologia mais indicada para definir estratégias bioclimáticas para a cidade de Arapiraca, localizada em região de clima semiárido.

3. MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Luiz (2011) a metodologia do TMY foi desenvolvida no Sandia National Laboratories, por Hall et al. (1978). O método Sandia, como ficou conhecido, "é feito comparando a Função de Distribuição Acumulada (CDF) de quatro variáveis meteorológicas para o mês de cada ano com a CDF do mesmo mês em todo o período de coleta dos dados" (LUIZ, 2011). As variáveis consideradas são: temperatura (máximas, mínimas e médias) de bulbo seco, que é a temperatura ambiente do ar; temperatura (máximas, mínimas e médias) de ponto de orvalho, a temperatura em que o vapor de água no ar passa para o estado líquido na forma de pequenas gotas; radiação global, que é toda a radiação solar que toca uma superfície, é igual a soma da radiação direta com a radiação difusa e a radiação refletida; e a velocidade (máximas e médias[1]) do vento, valor determinado pela intensidade que o vento alcança em certo tempo.

Método estatístico de Finkelsteir-Schafer

O método estatístico utilizado para chegar aos resultados desejados é o de Finkelsteir-Schafer, baseado na diferença entre a CDF do mês no ano em questão e a CDF do mês em todos os anos, como mostra a Eq. (1).

$$\mathrm{FS_x}(y,m) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\mathrm{CDF_m}(\mathrm{x_i}) - \mathrm{CDF_{y,m}}(\mathrm{x_i})\right| \qquad (1)$$

onde tem-se que CDF_m é a função de distribuição acumulada do mês m de todos os anos e $CDF_{y,m}$ é a função de distribuição acumulada do mês m do ano y, x é índice utilizado para as variáveis meteorológicas e N é o número de pontos utilizados da CDF.

Soma ponderada dos valores encontrados

As CDFs mensais de todos os índices, utilizadas neste estudo foram geradas através da ferramenta online *Free Statistics Calculators version 4.0*[2]*.* Para isso, fez-se necessário o fornecimento dos seguintes dados para cada índice: valor médio, desvio-padrão e valor máximo.
Para chegar aos meses candidatos ao TMY, é necessário o cálculo da soma ponderada (WS) dos valores obtidos, conforme a Eq. (2).

[1] As velocidades mínimas não foram utilizadas pelo fato de ambas as metodologias, TMY e TMY2, demandam apenas o uso dos valores máximos e médios.
[2] Disponível no endereço eletrônico: <http://www.danielsoper.com/statcalc/calculator.aspx?id=53>. Acesso em: 09 de agosto de 2016.

$$\mathrm{WS}(y,m) = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} \mathrm{WF_x} \,.\, \mathrm{FS_x(y,m)} \qquad (2)$$

tendo-se que M é o número de variáveis meteorológicas consideradas e WF_x é o fator de ponderação para cada variável x, que é dado de acordo com a Tabela 1, utilizada por Chan et. al. (2006) na geração do TMY para Hong Kong.

Tabela 1. Fatores de ponderação (WF) para o encontro do TMY proposto por Hall et. Al. (1978).

Temperatura de bulbo seco			Temperatura de ponto de orvalho			Velocidade do vento		Radiação solar
Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Média	
1/24	1/24	2/24	1/24	1/24	2/24	2/24	2/24	12/24

Fonte: Chan et. Al. (2006), adaptada pela autora

Escolha dos Meses Típicos de Referência

Em seguida, uma tabela é feita com os valores de WS encontrados para todos os meses de todos os anos estudados. Seleciona-se as 5 menores somas ponderadas (WS) de cada mês para que sejam analisadas e, dentre elas, ser escolhido o valor referente ao Mês Típico de Referência (Typical Meteorological Month - TMM).

De acordo com Luiz (2011):

> Para cada um dos 5 meses é calculada a persistência da temperatura do ar e radiação global, que é avaliada determinando a frequência, (número de ocorrências), e o número de dias consecutivos acima e abaixo de percentis fixos. O limite superior da temperatura do ar é definido como o 67º percentil, enquanto que o inferior é definido como o 33º percentil para todos os anos. Para a radiação global apenas um limite inferior é definido, sendo ele o 33º percentil. O mês com maior número de dias consecutivos, mês com maior número de ocorrências e o mês com nenhuma ocorrência é excluído (LUIZ, 2011).

Entre os meses restantes, é escolhido o menor. Deste modo, são selecionados meses de anos diferentes para a definição do TMY.

Uma outra metodologia para encontrar o Ano Meteorológico Típico foi utilizada por Flores (2014), empregando um método denominado por ela de TMY2, que consiste no uso de valores de temperatura de 12 meses resultantes da eliminação dos meses com médias máximas e mínimas extremas.

Neste trabalho, foram realizadas e comparadas as duas metodologias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicando as equações anteriormente citadas, foram obtidas planilhas com resultados para todo o período. E, após o tratamento dos dados, chegou-se aos valores da soma ponderada, exibidos na Tabela 2, onde encontram-se destacados os meses candidatos e os selecionados ao TMY.

Tabela 2. Valores mensais da soma ponderada (WS) para escolha de um TMY para Arapiraca-AL.

Ano/ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2009	0,00512 50502	0,001066 5536	0,00236 31171	0,00270 53720	0,00299 99968	0,00300 03873	0,00056 60245	0,00022 86243	0,00090 03843	0,00095 86213	0,00158 69533	**0,00122 77704**
2010	0,00490 83036	0,002499 6487	0,00252 14106	0,00303 01161	**0,00251 30317**	0,00289 93620	0,00013 48160	0,00039 64295	0,00015 78458	0,00053 8555	0,00163 80929	0,00181 88842
2011	0,00354 57002	0,000914 5856	0,00184 92741	**0,00021 88136**	0,00295 28480	0,00300 41659	**0,00009 02969**	0,00041 98031	0,00030 94161	0,00104 23783	0,00298 29243	0,00142 09795
2012	**0,00346 03861**	**0,000659 7577**	0,00291 51516	0,00359 61947	0,00318 44778	0,00301 79668	0,00129 02069	0,00009 01117	0,00026 53361	0,00080 11257	0,00191 60859	0,00181 72413
2013	0,00487 03596	0,002967 0139	**0,00136 46876**	0,00240 90645	0,00328 93928	**0,00270 85666**	0,00504 02029	**0,00008 54110**	0,00030 72328	**0,00041 58911**	**0,00130 23796**	0,00199 54618
2014	0,00373 26878	0,002601 5171	0,00388 24626	0,00286 70934	0,00284 57788	0,00298 55063	0,00025 05985	0,00036 06459	**0,00008 71561**	0,00055 74702	0,00189 59353	0,00185 13621
2015	0,00493 63227	0,002534 8627	0,00271 40860	0,00301 08828	0,00255 25308	0,00300 59574	0,00009 50403	0,00065 37345	0,00050 94900	0,00319 98346	0,00175 05716	0,00176 81580

Mês candidato ao TMY

Mês selecionado para o TMY

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 3, tem-se a aplicação da metodologia do TMY2, desenvolvida por Flores (2014), aos dados de Arapiraca. Os dados em destaque correspondem à composição do Ano Meteorológico Típico do município.

Tabela 3. Temperaturas médias mensais de Arapiraca do período de 2009 a 2015.

Ano	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2009	26.41	25.77	**26.38**	26.12	24.19	23.27	22.71	22.49	25.50	27.36	27.84	26.56
2010	25.66	26.03	26.71	25.79	24.75	23.43	22.33	21.76	22.43	**24.61**	25.25	26.06
2011	**25.55**	**25.79**	27.01	25.17	23.74	22.91	21.82	**22.11**	22.17	24.31	24.49	25.66
2012	25.43	25.22	25.28	24.98	24.48	**23.17**	22.02	21.64	22.61	23.66	25.84	26.04
2013	26.61	26.58	26.85	26.00	**24.36**	23.46	22.48	22.23	**23.33**	24.64	**25.52**	25.89
2014	25.32	25.73	26.18	**25.89**	24.03	23.15	**22.36**	**22.11**	23.02	23.62	25.07	25.43
2015	25.97	26.11	26.26	26.88	25.44	23.43	22.82	22.51	23.88	24.74	26.27	**26.00**

Mês selecionado para o TMY2

Fonte: INMET, adaptado pela autora.

Como é possível perceber na Tabela 4, os meses selecionados nas duas metodologias diferem na maioria das vezes, coincidindo apenas no mês de novembro, onde ambos os TMMs (Typical Meteorological Months) pertencem ao ano de 2013.

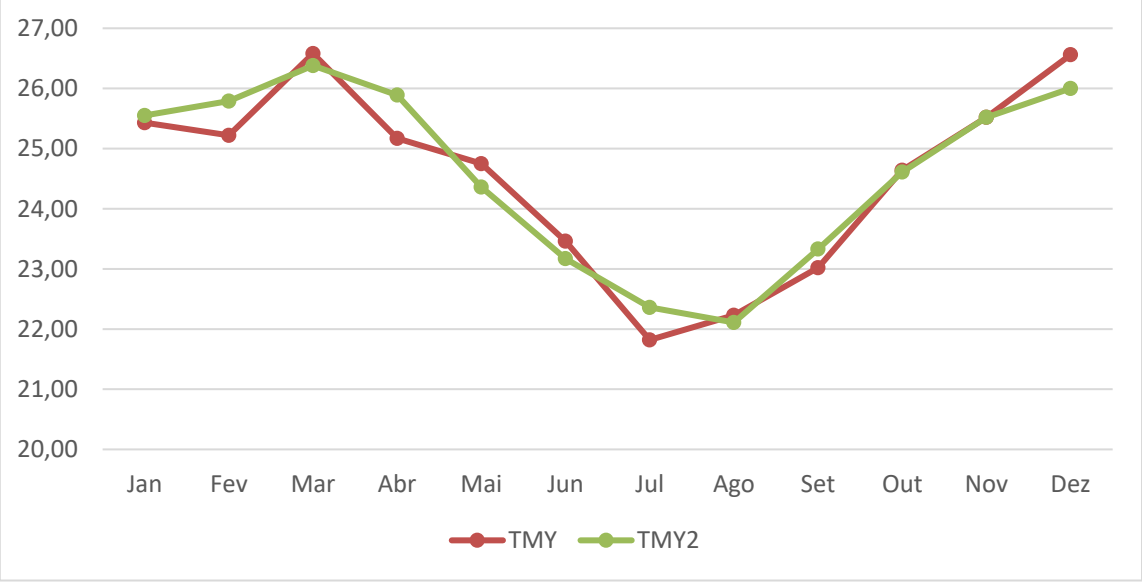
Tabela 4. Comparação entre os anos selecionados para o TMY e o TMY2 para Arapiraca-AL.

Mês	Ano	
	TMY	TMY2
Janeiro	2012	2011
Fevereiro	2012	2011
Março	2013	2009
Abril	2011	2014
Maio	2010	2013
Junho	2013	2012
Julho	2011	2014
Agosto	2013	2011/2014
Setembro	2014	2013
Outubro	2013	2010
Novembro	2013	2013
Dezembro	2009	2015

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 1, é possível observar a variação entre as duas metodologias para o índice de temperatura média mensal do município. De modo geral, os resultados são aproximados, com maiores variações nos meses de fevereiro, abril, julho e dezembro, diferindo sempre em menos que 1ºC de uma metodologia para outra.

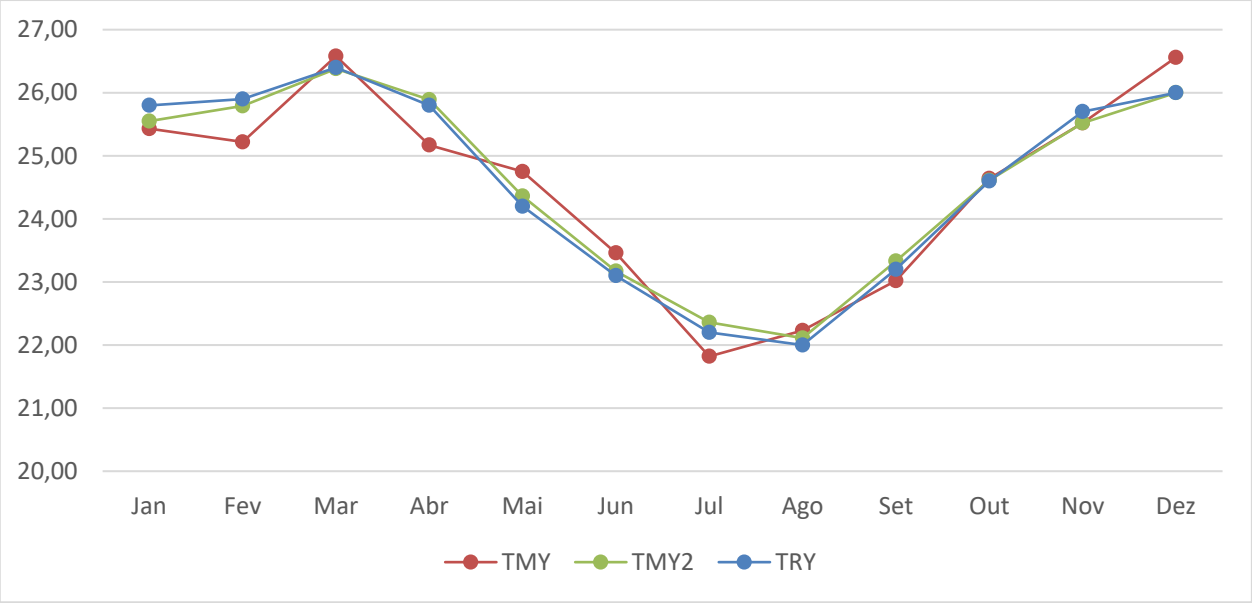
Figura 1. Temperatura média mensal (ºC) em Arapiraca-AL para o TMY e TMY2.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 2 são apresentados, graficamente, junto ao TMY e TMY2 o comportamento do TRY durante os anos analisados. O TRY utilizado foi o ano de 2010, selecionado para Arapiraca no estudo de Silva (2014).

Figura 2. Temperatura média mensal (ºC) em Arapiraca-AL para o TMY, TMY2 e TRY do período estudado.

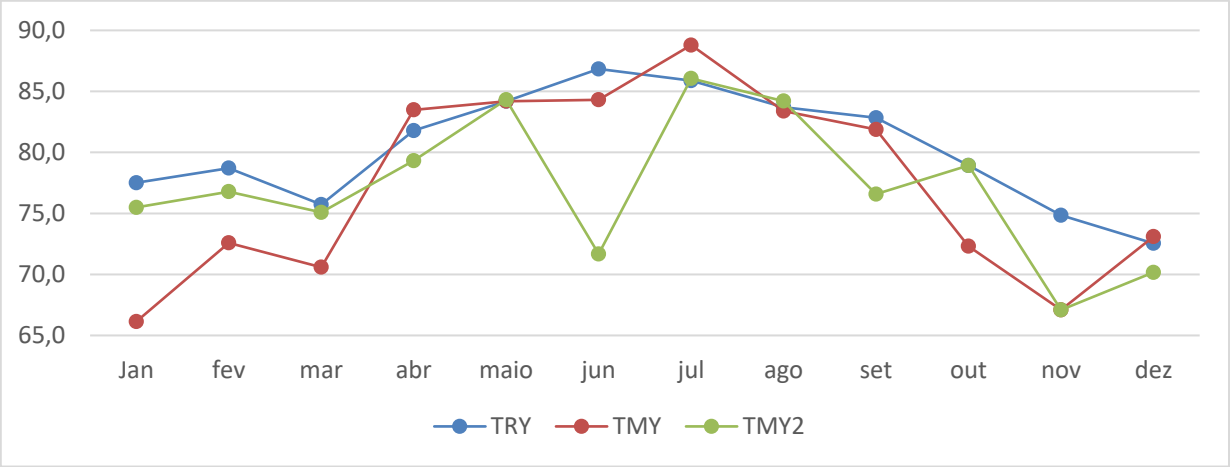


Fonte: Elaborado pela autora.

Também na Figura 2, percebe-se que o TMY apresenta maior diferença quando comparado às demais metodologias, sendo sempre uma diferença muito pequena de menos que 1°C. Porém, o método TMY é usado em muitas pesquisas relevantes na área de estudos climáticos, como o de Chan et. al. (2006) para Hong Kong, na China, o de Petrakis et. al. (1998) para Nicosia, o de Argiriou et. al. (1999) para a cidade de Atenas, na Grécia, entre outros.

A Figura 3 expõe a comparação entre os comportamentos das três metodologias em relação à umidade do ar, onde é possível perceber que, apesar de o TMY apresentar variações consideráveis entre as demais nos meses de janeiro, fevereiro, março e outubro e o TMY2 no mês de setembro, o comportamento gráfico exibido pelas metodologias apresenta muita semelhança, exceto no mês de junho, onde o TMY2 apresenta grande variação em relação ao TMY e ao TRY (cerca de 15%).

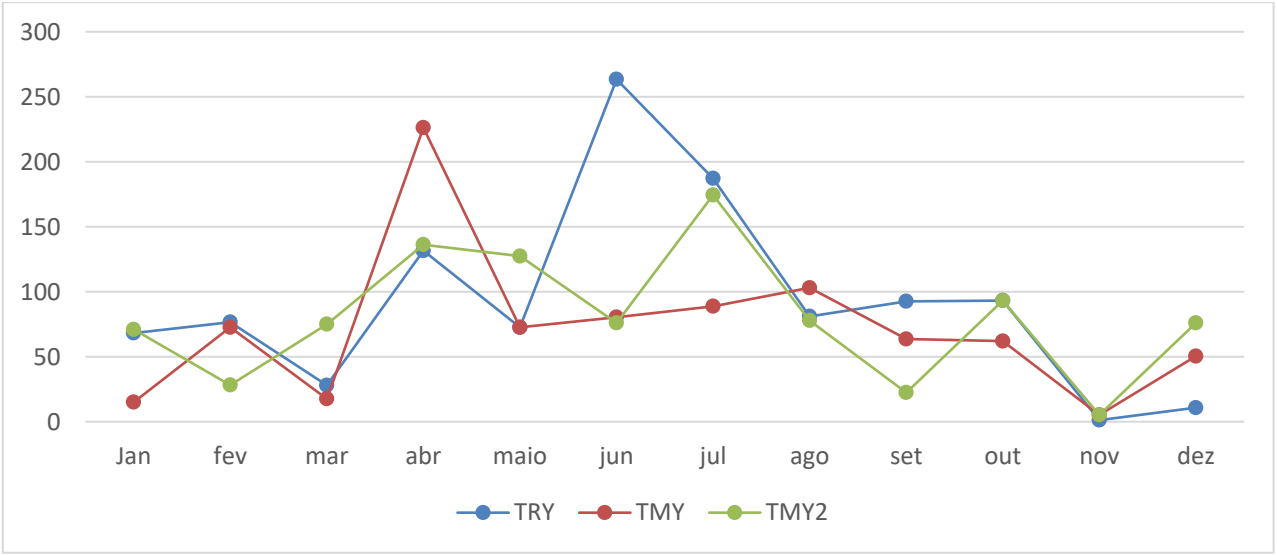
Figura 3. Médias mensais da umidade do ar (%) em Arapiraca-AL para o TMY, TMY2 e TRY do período estudado.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 4, onde são mostrados os comportamentos das metodologias para a radiação global, tem-se, também, gráficos muito semelhantes, apresentando maiores diferenças apenas nos meses de abril e julho para o TMY e de junho para o TRY.

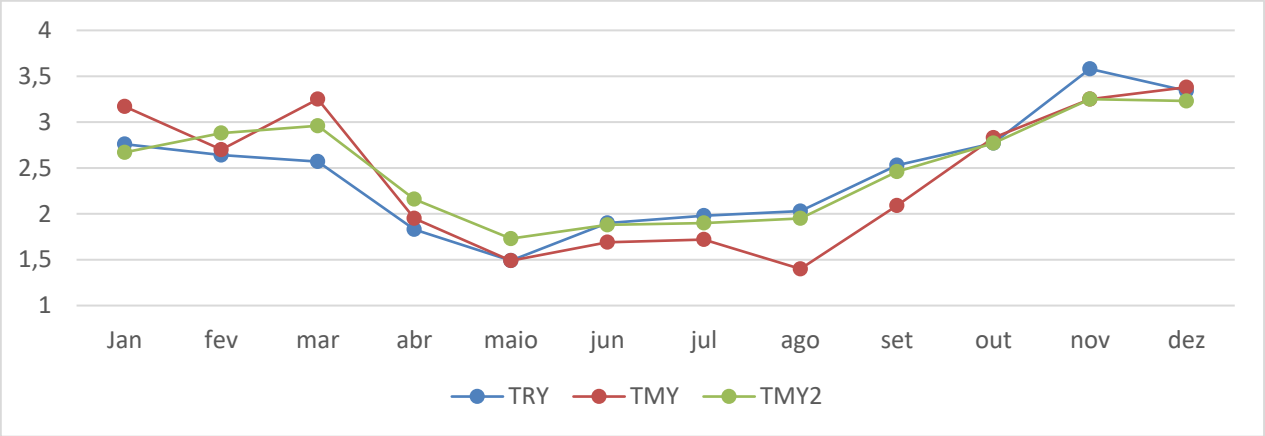
Figura 4. Somas mensais da radiação global (kJ/m²) em Arapiraca-AL para o TMY, TMY2 e TRY do período estudado.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para a velocidade média mensal dos ventos, o comportamento entre as metodologias é apresentado na Figura 5 e, pode-se perceber que há muita semelhança em todos os meses, sem grandes diferenças entre os resultados apresentados pelas metodologias estudadas.

Figura 5. Médias mensais da velocidade do vento (m/s) em Arapiraca-AL para o TMY, TMY2 e TRY do período estudado.



Fonte: Elaborado pela autora.

5. CONCLUSÃO

O Ano Meteorológico Típico é um método eficiente para prever valores climáticos aproximados aos que ocorrerão em uma determinada região, uma vez que utiliza dados reais. Por isso, também, tem sido um método muito utilizado em estudos de estratégias bioclimáticas para projetos de arquitetura. Quanto mais próximas as análises estiverem da realidade climática local, melhores desempenhos térmicos esses projetos irão apresentar.
Nesta pesquisa, pôde-se perceber que as diferentes metodologias estudadas e apresentadas possuem comportamento muito semelhante.
Contudo, o estudo do TMY é complexo e demanda consultas a diversas áreas do conhecimento, como meteorologia, estatística e programação computacional e, apesar de ser a metodologia mais indicada para a composição de um ano climático em regiões de clima semiárido, o TMY de Arapiraca não apresentou diferenças consideráveis quando comparado às demais metodologias analisadas.
Deste modo, esta pesquisa caracteriza-se pela importância de certificar o projetista ou pesquisador que precise utilizar um ano climático possa optar pela metodologia que considerar pertinente, com a garantia de que os resultados estarão numa mesma margem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGIRIOU, A.; LYKOUDIS, S. Comparision of Methodologies for TMY Generation Using 20 Years Data for Athens, Greece. Solar Energy, 1999;1.

CHAN, L. S. A., et. al. Generation of a typical meteorological year for Hong Kong. Energy Conversion & Management. Elsevier. Hong Kong-China. 2006.

FLORES, Michelle Gomes. Geração da base climática de Santa Maria -RS- para análise de desempenho térmico e eficiência energética de edificações. Dissertação de mestrado. UFSM. Santa Maria-RS. 2014

HALL, I.; PRAIRIE, R.; ADERSON, H.;BOES, E. Gerenation of Typical Meteorological Years for 26 SOLMET Stations. SAND78-1601.Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories, 1978.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª ed. São Paulo: ProLivros, 2014. 382 p.

LUIZ, Eduardo Weide. Determinação de um ano meteorológico Típico para Florianópolis-SC. Trabalho de Conclusão de Curso. UFSM. Santa Maria-RS. 2011.

PETRAKIS, M., et. al. Generation of a “typical meteorological year” for Nicosia, Cyprus. Databank. Elsevier Science Ltd. Great Britain .1998.

SILVA, Mônica Ferreira da. Diretrizes construtivas e urbanísticas para cidade em clima semiárido: estudo de caso em Arapiraca-Al. UFAL. Arapiraca-AL. 2015

456. A SUSTENTABILIDADE DOS MATERIAIS: ESTUDO EM EDIFICAÇÕES DOS SÉCULOS XVI E XXI

PEDRINI, Joana Bellumat[*1](joanabellumat@gmail.com); NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida*[1] *(edna.rodrigues@ufes.com.br); BISSOLI-DALVI, Márcia*[1] *(marciabissoli@gmail.com)*
[1]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Ao longo da história, os materiais de construção, bem como as técnicas utilizadas, foram sendo aperfeiçoados de acordo com as necessidades e demandas específicas. Por sua vez, a construção civil é uma das atividades que se comporta como grande geradora de impactos ambientais. Uma das formas de contribuir para a redução desses impactos é a seleção dos materiais de construção com base em princípios sustentáveis, já que produção, uso e descarte, implicam em impactos ambientais, econômicos e sociais. Essa pesquisa objetivou comparar o índice de sustentabilidade dos materiais utilizados na envoltória de duas edificações institucionais, construídas em contextos históricos diferenciados, dos séculos XVI e XXI, avaliando a evolução tecnológica dos materiais e os impactos provocados pelo consumo de matéria-prima, geração e gestão dos resíduos. Para a metodologia, inicialmente definiu-se as edificações a serem avaliadas; na 2ª etapa, o levantamento dos materiais e técnicas construtivas; e na última etapa, a análise comparativa dos índices de sustentabilidade por meio do ISMAS - Instrumento para Seleção de Materiais mais Sustentáveis. Os resultados demonstraram índices de sustentabilidade bem diversos, observando-se ainda que materiais utilizados em épocas distintas e com limitações técnicas possuem classificações semelhantes em relação à sustentabilidade, mesmo não relacionado ao termo genuíno, estabelecido apenas no século XX. De acordo com a metodologia adotada, em decorrência da restrição à utilização de matéria-prima existente, os materiais da edificação do século XVI foram classificados como sustentáveis. Ressalta-se que alguns materiais avaliados foram os mesmos para as duas edificações, registrando que o impacto ambiental, em relação aos critérios avaliados, aumentou na edificação mais recente em consequência da sua maior demanda. Ainda, materiais diferentes obtiveram índices semelhantes, demonstrando a problemática ocasionada pelos resíduos. Destaca-se, portanto, que independentemente da inegável importância da evolução tecnológica, é fundamental a avaliação de suas consequências, especialmente em relação aos desafios da sustentabilidade.
Palavras-chave: Materiais de construção. Seleção de materiais. Sustentabilidade. ISMAS.

SUSTAINABILITY OF MATERIALS: STUDY IN XVI AND XXI CENTURY BUILDINGS

ABSTRACT
Throughout history, the building materials, as well as the techniques used, have been perfected according to the specific needs and demands. On the other hand, the civil construction is one of the main activities responsible for impacts in the environment. One of the ways to contribute to the reduction of these impacts is the selection of construction materials based on sustainable principles, since production, use and disposal has great influence on the environmental, economic and social spheres. This research aimed to compare the sustainability index of the materials used in the

enveloping of two institutional buildings, built in different historical contexts, from the XVI and XXI centuries, evaluating the technological evolution of the materials and the impacts caused by the consumption of raw material, generation and management of waste. For the methodology, the buildings to be evaluated were initially defined; in the second stage, the survey of materials and construction techniques; and in the last step, the comparative analysis of the sustainability indexes through ISMAS - Instrument for Selection of More Sustainable Materials. The results showed very different sustainability indexes, observing that materials used at different times and with technical limitations have similar classifications in relation to sustainability, even if not related to the genuine term established only in the twentieth century. According to the methodology adopted, as a result of the restriction on the use of existing raw material, the materials of the 16th century building were classified as sustainable. It should be noted that some evaluated materials were the same for the two buildings, noting that the environmental impact, in relation to the evaluated criteria, increased in the most recent building due to its higher demand. Still, different materials obtained similar indexes, demonstrating the problematic caused by the residues. It is therefore important that, regardless of the undeniable importance of technological developments, it is essential to assess its consequences, especially in relation to sustainability challenges.
Keywords: Construction materials; Materials selection; Sustainability; ISMAS.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a construção civil sempre se apresentou como um setor de relevância para o desenvolvimento, sobretudo econômico. Porém, também se apresenta como grande geradora de impactos, especialmente ambientais, o que vem sendo agravado pelo crescimento populacional, visto que se tem maior demanda por ambiente construído. Por sua vez, os materiais de construção tem grande atribuição aos impactos gerados, principalmente na fase da produção, por serem grandes consumidores de recursos naturais, tanto na fase de extração de matérias-primas, como nos processos de beneficiamento, e nas emissões de gases poluentes, devendo ser considerado o consumo dispendido pelo transporte até o uso final.

Com o passar dos anos, os materiais e as técnicas utilizadas nas construções foram sendo aperfeiçoados de acordo com as necessidades e demandas específicas de cada época, estando restritos também às limitações presentes em seu contexto histórico. Materiais tradicionais usados em construções mais antigas muitas vezes se apresentam como sustentáveis, cujo uso de sua maioria justifica-se principalmente devido à proximidade e disponibilidade, incluindo materiais como o barro, a pedra e a madeira (OLUKOYA; KURT, 2016). Ainda, esses materiais também podem obter bom desempenho em relação às suas propriedades, como apresentado em um estudo sobre o adobe (OLUKOYA; KURT, 2016). Devido às configurações do mercado e do estilo de vida adotados na atualidade fortemente globalizada, a cadeia produtiva da construção civil necessita estabelecer novos modelos de produção sustentáveis, principalmente no setor de materiais de construção (BISSOLI-DALVI; REMBISKI; ALVAREZ, 2011), ressaltando que para atender as demandas da população atual, necessita-se de uma quantidade expressiva de materiais, o que está diretamente relacionada aos impactos gerados.

Ainda, diante da incontestável finitude das matérias-primas básicas para a construção, há a necessidade de se mudar o modo de explorar os recursos naturais, assim como a busca por melhorias com soluções socialmente justas, ambientalmente corretas e economicamente viáveis, e que impulsionem o uso dos recursos naturais com baixo impacto ambiental (BISSOLI-DALVI et al., 2013). Dessa forma, uma construção sustentável depende da seleção correta de materiais e componentes (JOHN; OLIVEIRA; AGOPYAN, 2006), já que produção, uso e descarte, implicam em

impactos ambientais, econômicos e sociais, que devem ser considerados de forma integrada. Assim, as ferramentas de seleção de materiais são importantes no processo projetual, auxiliando na tomada de decisões, comparando os aspectos sociais, econômicos e ambientais. Dentro do contexto da sustentabilidade, foram desenvolvidas diversas ferramentas, que utilizam metodologias associadas ao ciclo de vida, mas através de critérios a serem alcançados (BISSOLI-DALVI, 2014). Dentre as ferramentas mais reconhecidas nacional e internacionalmente, destacam-se: AQUA – Alta Qualidade Ambiental (FUNDAÇÃO..., 2007), ASUS – Avaliação de Sustentabilidade (ALVAREZ; SOUZA, 2011), BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM, 2009), GREEN STAR (GREEN..., 2008), LEED – *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED..., 2009) e SBTool – *Sustainable Building Tool* (INTERNATIONAL..., 2007), entre outras. A fim de auxiliar na avaliação da sustentabilidade dos materiais selecionados foi utilizado o ISMAS – Instrumento para Seleção de Materiais mais Sustentáveis (BISSOLI-DALVI, 2014), sendo uma ferramenta elaborada com base nas diretrizes para construção sustentável da Agenda 21, com foco na redução de matérias-primas e na geração de resíduos.

Uma seleção dos materiais e componentes mais adequados para cada projeto é uma atividade complexa, já que implica na avaliação de aspectos que incluem diversas variáveis (JOHN; DAMINELI, 2014). Assim, a análise a respeito da seleção feita para cada edifício, deve levar em consideração ainda, o contexto histórico inserido, o que torna o processo mais complexo.

2. OBJETIVO

A pesquisa teve como objetivo avaliar a sustentabilidade de materiais usados em edifícios construídos em diferentes contextos históricos, século XVI e XXI, na cidade de Vitória-ES, utilizando a ferramenta ISMAS – Instrumento para Seleção de Materiais Mais Sustentáveis. Destaca-se que foram avaliados os materiais usados na envoltória, na estrutura e no revestimento de piso.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia foi efetuada em três etapas: na 1ª etapa, a definição e caracterização das edificações a serem avaliadas; na 2ª etapa, o levantamento dos materiais das edificações; e na última etapa, a análise comparativa dos índices de sustentabilidade por meio do ISMAS, dos materiais observados nas edificações.

3.1 Definição e caracterização das edificações

A fim de realizar uma análise da sustentabilidade dos materiais utilizados ao longo do tempo na construção civil, foram escolhidos dois edifícios da cidade de Vitória - ES sendo considerados os seguintes critérios de escolha: - com caráter institucional; - construídos em diferentes períodos históricos; - e que fossem edifícios relevantes dentro do contexto histórico de sua construção, obtendo instrumentos de estudo com características distintas.

Assim, os edifícios escolhidos foram:

- Sede da Petrobras, sendo uma edificação do século XXI, com adoção de diretrizes de sustentabilidade e arquitetura associada a tecnologias; e
- Palácio Anchieta, importante edificação pública e atual Sede do Governo do Estado, iniciada na colonização do Estado, séc. XVI, em meio a limitações de materiais e de técnicas, contando ainda, com adições e substituições de materiais ao decorrer do tempo.

3.2 Levantamento dos materiais

Para levantamento dos materiais a serem avaliados foram realizadas visitas orientadas nas duas edificações, além de pesquisas através de textos e registros fotográficos, sendo observados os materiais utilizados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Levantamento dos materiais

Visitas realizadas	Locais observados
Palácio Anchieta	Estrutura Vedação Esquadria Revestimento Cobertura
Sede Petrobras	

3.3 Instrumento de avaliação

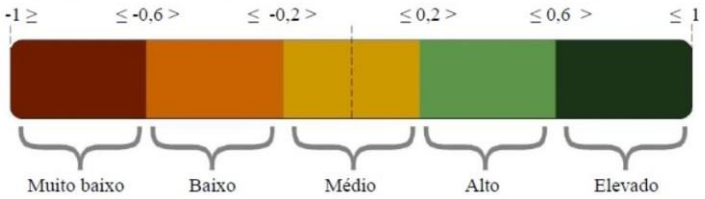
O instrumento de avaliação foi o ISMAS, por ser uma ferramenta acessível, de fácil usabilidade e que foi desenvolvida para a região. O instrumento se baseia em critérios, com pesos diferentes, que visam definir e medir o índice de sustentabilidade do material, com foco na economia de matérias-primas, geração e gestão de resíduos (BISSOLI-DALVI, 2014).

O material é avaliado em cada critério apresentado na Tabela 2, sendo possível obter três níveis de resposta (-1/0/1) para cada um deles. De acordo com as pontuações obtidas, e com o peso de cada critério, é obtido o resultado final da avaliação do material, o índice de sustentabilidade, que atinge valores em uma escala entre -1 e 1, dividida em marcas de referências de classificação, como mostra a Figura 1.

Tabela 2. Critérios adotados pelo ISMAS

Critérios de avaliação adotados pelo ISMAS
1. É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte;
2. É renovável;
3. Dispensa materiais adicionais para acabamento;
4. Possui elementos reciclados;
5. A durabilidade independe da manutenção;
6. Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento; e
7. Favorece a baixa geração de resíduos.

Figura 1. Resultados do índice de sustentabilidade do material avaliado no ISMAS



Fonte: Bissoli-Dalvi (2014), p. 131

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do levantamento dos materiais utilizados, cada material foi avaliado através do ISMAS, sendo obtido o índice de sustentabilidade de cada um, referente, sobretudo, as matérias-primas e a geração e gestão de resíduos.

Materiais dos edifícios

Para cada edifício, foram levantados os materiais usados para estrutura, vedação, esquadria, revestimento e cobertura. A Tabela 3 apresenta os materiais utilizados na Sede Petrobras Vitória e no Palácio Anchieta.

Tabela 3. Materiais utilizados nas edificações em estudo

Local	Materiais	
	Sede Petrobras	**Palácio Anchieta**
Estrutura	Concreto Aço	Pedra Argamassa de cal Madeira Concreto Aço
Vedação	Bloco cerâmico Argamassa de cimento Drywall Vidro MDF	Pedra Tijolo cerâmico maciço Argamassa de cal Bloco de concreto Argamassa de cimento
Esquadria	Vidro Alumínio	Madeira Vidro Ferro fundido
Revestimento (Piso e Fachada)	Granito Piso elevado Carpete Placa cimentícia ACM Membrana compósita rolô	Granito Mármore Madeira Ladrilho hidráulico
Cobertura	Telha de alumínio zipada	Telha cerâmica

Sendo a construção civil um resultado do acúmulo de experiências dentro de um processo evolutivo, as escolhas e as possibilidades de materiais e técnicas construtivas, como também as tipologias arquitetônicas, apresentam-se diversas de acordo com o contexto histórico de cada edifício estudado. Dessa forma, a seleção de materiais realizada para cada edifício deve ser considerada como sendo resultado dos conhecimentos compreendidos de acordo com a cultura de cada época, estando ainda relacionada ao avanço das técnicas e produções industriais.

4.2 Índices de sustentabilidade - ISMAS

Cada material levantado foi avaliado no ISMAS, alcançando pontuações referentes a cada critério, de acordo com o peso de cada um, e obtendo, por fim, o índice de sustentabilidade. A avaliação de cada material demandou uma reunião de informações sobre os mesmos, referentes às abordagens dos critérios do ISMAS.

A edificação do século XXI (Sede Petrobras) apresentou uma ampla relação de materiais e técnicas construtivas, mesclando conceitos modernos e já consolidados. Em meio a essa seleção encontram-se diferentes índices de sustentabilidade, obtendo, dentro das marcas de referência, classificações como médio e alto. Na Tabela 4, os materiais são listados por segmento de uso, estando indicado ainda, os índices de sustentabilidade e as classificações alcançadas. Dentre as avaliações, os materiais mais recentes apresentaram índices maiores, tendo a maioria pontuado mais nos critérios referentes ao reuso e geração de resíduos.

Materiais mais consolidados, como o concreto, a argamassa de cimento e o bloco cerâmico, não pontuaram nesses critérios, apesar de pontuarem em relação às matérias-primas. Novas

tecnologias aliadas à arquitetura tem buscado o desenvolvimento de materiais mais sustentáveis, visando baixo impacto ambiental, diminuindo desperdícios e resíduos, além de torná-los possíveis de ser reutilizados ou reciclados. Os únicos materiais mais recentes que alcançaram classificação como médio foram, o carpete e a placa cimentícia, pois apesar de pontuarem nos critérios referentes a reuso e geração de resíduos, não se constituírem totalmente de matérias-primas de fonte renovável ou abundante, além de não propiciarem o uso de elementos reciclados em sua composição.

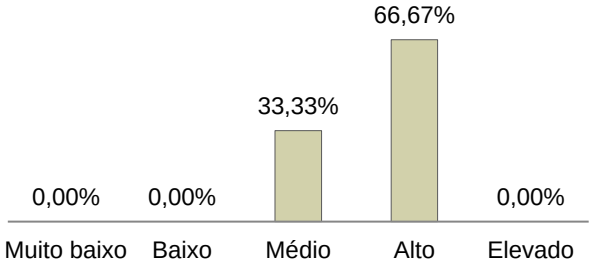
Um fator contribuinte para o uso de materiais e técnicas mais sustentáveis é o surgimento de selos e certificações atribuídos a edificações, almejado a priori nesse edifício, muitas vezes promovendo incentivo ao processo de conscientização ambiental na construção civil, mas, muitas vezes, usados como um elemento de marketing.

Tabela 4. Índice de sustentabilidade dos materiais da Sede da Petrobras

Local	Material	Índice de Sustentabilidade	Classificação
Estrutura	Concreto	0,05	Médio
	Aço	0,35	Alto
Vedação	Bloco cerâmico	0,05	Médio
	Argamassa de cimento	0,05	Médio
	Drywall	0,25	Alto
	Vidro	0,25	Alto
	MDF	0,45	Alto
Esquadria	Vidro	0,25	Alto
	Alumínio	0,40	Alto
Revestimento (Piso e Fachada)	Granito	0,45	Alto
	Piso elevado	0,35	Alto
	Carpete	0,20	Médio
	Placa cimentícia	0,20	Médio
	ACM	0,35	Alto
	Membrana compósita rolô	0,40	Alto
Cobertura	Telha de alumínio zipada	0,40	Alto

No Gráfico 1, as porcentagens referentes as classificações obtidas pelos materiais avaliados, demostraram que 2/3 dos materiais utilizados obtiveram classificação como alto e 1/3 como médio, não tendo nenhum outro material alcançado outra marca de referência.

Gráfico 1. Resultado da avaliação dos materiais da Sede Petrobras Vitória



A edificação do século XVI (Palácio Anchieta) apresentou uma relação de materiais com limitações, em decorrência da restrição à utilização de matéria-prima acessível na época. Após a análise dos mesmos pelo ISMAS, os resultados demonstraram que quase todos os materiais analisados obtiveram índices de sustentabilidade altos. Ainda, foram avaliados os materiais que foram inseridos à edificação ao longo do tempo. Os materiais utilizados, quase integralmente, pontuaram no critério que avalia a procedência das matérias-primas, sendo estas de fontes renováveis ou abundantes. Ainda, a grande maioria também pontuou no critério referente a possibilidade de reaproveitamento do material. A Tabela 5 apresenta os materiais listados por segmento de uso, estando indicados os índices de sustentabilidade e as classificações alcançadas, como também a época da inserção do material à construção.

Tabela 5. Índice de sustentabilidade dos materiais do Palácio Anchieta

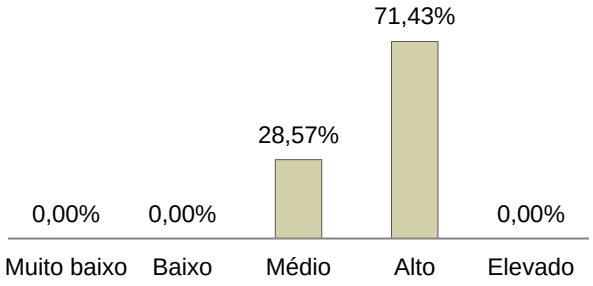
Local	Material	Índice de Sustentabilidade	Classificação
Estrutura	Pedra*	0,40	Alto
	Argamassa de cal*	0,05	Médio
	Madeira*	0,45	Alto
	Concreto[2]	0,05	Médio
	Aço[2]	0,35	Alto
Vedação	Pedra*	0,40	Alto
	Tijolo cerâmico maciço*	0,30	Alto
	Argamassa de cal*	0,05	Médio
	Bloco de concreto[3]	0,05	Médio
	Argamassa de cimento[3]	0,05	Médio
Esquadria	Madeira*	0,45	Alto
	Vidro[1]	0,25	Alto
	Ferro Fundido[2]	0,45	Alto
Revestimento (Piso)	Granito[3]	0,45	Alto
	Mármore[2]	0,45	Alto
	Madeira*	0,45	Alto
	Ladrilho hidráulico[2]	0,55	Alto
Cobertura	Telha cerâmica*	0,60	Alto

* Séc. XVI e XVII
[1] Início do séc. XX
[2] Década de 1930
[3] Final séc. XX / Início do séc. XXI

Destaca-se que os únicos materiais a obterem índice de classificação médio, além da argamassa de cal utilizada no séc. XVI e XVII, foram os materiais inseridos à edificação em uma obra de reforma, já no século XXI. Assim, nota-se que materiais usados antes mesmo do conceito da sustentabilidade ser estabelecido, apresentaram um bom desempenho em relação aos impactos gerados, às matérias-primas usadas e à geração de resíduos. Outro aspecto a ser analisado é a procedência das matérias-primas. Apesar de não ser levado em consideração para análise até a atual etapa de desenvolvimento da ferramenta ISMAS, é um fator notável a ser destacado, já que as matérias-primas utilizadas foram praticamente todas locais, ressaltando ainda mais a

sustentabilidade dos materiais utilizados. O Gráfico 2 apresenta as porcentagens referentes as classificações obtidas pelos materiais avaliados, evidenciando que a grande maioria dos materiais utilizados obteve classificação como alto.

Gráfico 2. Resultado da avaliação dos materiais do Palácio Anchieta



Pode-se observar que muitos materiais usados em diferentes contextos históricos, apresentaram índices semelhantes. Tanto materiais usados na edificação do século XVI, restritos as limitações do período, quanto materiais mais recentes, usados na edificação do séc. XXI, apresentaram classificações semelhantes, obtendo índices altos. Assim, antes do tema da sustentabilidade se tornar notável, bem como o surgimento do próprio termo, já se utilizava materiais com características pautados sob os mesmos conceitos.

5. CONCLUSÃO

A diversidade de materiais existentes, bem como o desenvolvimento e o aprimoramento destes ao longo do tempo, tem permitido inúmeras possibilidades na seleção dos materiais. Porém, muitos deles não se asseguram nas diretrizes de uma construção sustentável, sendo importante a avaliação de diversos fatores antes de serem selecionados no projeto. Mas essa variedade de materiais nem sempre esteve presente, sendo muito mais propícia uma adequada seleção nos dias atuais. Dessa forma, essa pesquisa teve como relevância a avaliação da sustentabilidade de materiais usados em diferentes contextos históricos, obtendo-se uma relação dos materiais mais sustentáveis em relação aos critérios avaliados, dentre eles, materiais usados há bastante tempo, o que auxilia na escolha dos materiais para novas construções.

Os resultados apresentaram índices de sustentabilidade diversos, mas mostrou, sobretudo, que materiais utilizados em épocas distintas e com limitações técnicas possuem classificações semelhantes em relação à sustentabilidade. Ressaltou também, que materiais mais atuais, associados ao desenvolvimento tecnológico, podem ser elementos importantes na busca por uma construção mais sustentável. Assim, os materiais das edificações foram levantados e avaliados, tendo a ferramenta de avaliação adotada se mostrado como um importante instrumento para a análise dos materiais, por ser baseada em critérios sustentáveis, fornecendo diretrizes que auxiliaram em vários aspectos, sobretudo em relação ao consumo de recursos e a geração de resíduos. Destaca-se, ainda, que os materiais foram avaliados a partir desses preceitos, mas outros fatores também podem ser avaliados, visando outra perspectiva de análise, como as avaliações do ciclo de vida e de energia incorporada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil. Volume 5. Série Sustentabilidade. São Paulo: Bluncher, 2011.

ALVAREZ, C. E. de; SOUZA, A. D. S. (Coord.). ASUS: Avaliação de Sustentabilidade. 2011. Disponível em: <http://asus.lpp.ufes.br/>. Acesso em: 26 nov. 2016.

BISSOLI-DALVI, M. ISMAS - A Sustentabilidade como Premissa para a Seleção de Materiais. 2014. 195 f. Tese. Universidad del Bío-Bío, Concepción - Chile.

BISSOLI-DALVI, M.; ALVAREZ, C. E. de; HOFMAN, I. de O.; FUICA, G. E. S. Sistematização de indicadores de sustentabilidade como ferramenta auxiliar ao projetista na seleção dos materiais de construção. Arquiteturarevista. São Leopoldo, Vol. 9, n. 2, p. 99-111, 2013.

BISSOLI-DALVI, M.; FERRES, S. C. ; ALVAREZ, C. E. ; FUICA, G. E. S. A necessária simplificação na metodologia de avaliação da sustentabilidade dos materiais: estudo de caso – ISMAS. Anais do VII Encontro Nacional e V Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis. Curitiba: ANTAC, 2013. v. 1. p. 1-10.

BISSOLI-DALVI, M.; NICO-RODRIGUES, E. A.; ALVAREZ, C. E. de; FUICA, G. E. S.; MONTARROYOS, D. C. G. The sustainability of the materials under the approach of ISMAS. Construction and Building Materials, 106, 357-363, 2015.

BISSOLI-DALVI, M.; REMBISKI, F. D. ; ALVAREZ, C. E. . Materiais de construção com características sustentáveis e reaproveitáveis: oferta no Estado do Espírito Santo (Brasil). Habitat Sustentable, v. 1, p. 25-34, 2011.

BREEAM: BRE Environmental & Sustainability Standard. [S.I.]: BRE Global, 2009.

FOSSATTI, M. Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de Projetos de Edifícios: O Caso de Escritórios em Florianópolis. 2008. 342 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. Referencial técnico de certificação Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA: Escritórios e Edifícios escolares. São Paulo: FCAV, 2007.

GREEN BUILDING COUNCIL OF AUSTRALIA. 2008. Technical manual: green star office design & office as built. Version 3. Sydney: Green building Council of Australia, 2008.

INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILDING ENVIRONMENT (IISBE). 2007. Disponível em: http://www.iisbe.org/. Acesso em: 26 nov. 2016.

JOHN, V. M.; DAMINELI, B. L. Materiais. In: CBCS; PNUMA; Ministério do Meio Ambiente. Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas. Subsídios para a promoção da Construção Civil Sustentável. 2014. Parte III, p.72-95. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>. Acesso em: 2 abr. 2016.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P. de; AGOPYAN, V. Critérios de sustentabilidade para seleção de materiais e componentes: uma perspectiva de países em desenvolvimento. 2006. Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2006.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. de. Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo: FINEP, 2007. Disponível em: <http://carbonok.com.br/Downloads/HabitacaomaisSustentavel-D2-4-selecao-materiais.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

LEED 2009 FOR NEW CONSTRUCTION AND MAJOR RENOVATION. Washington: U.S. Green Building Council, 2009.

MATEUS, R. F. M. S. Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis. 2009. 427 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Minho, Minho, 2009.

OLIVEIRA, C. N. de. O Paradigma da Sustentabilidade na Seleção de Materiais e Componentes para Edificações. 2009. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

OLUKOYA, O. A. P.; KURT, S. Environmental impacts of adobe as a building material: The north cyprus traditional building case. Case Studies in Construction Materials, 4, 32-41, 2016.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. A Sustentabilidade dos Materiais de Construção. TecMinho, Portugal: Vilaverdense, 2010.

474. ANÁLISE EM EDIFICAÇÕES DE SAÚDE: AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DE UM POSTO DE SAÚDE NA CIDADE DE IJUÍ-RS

DINIZ, Bruna Calabria[1](bbrunadiniz@hotmail.com);GONÇALVES, Claudia Maria[1](claudia_goncalves12@hotmail.com);KUYVEN, Tainara[1](taia-kuyven@hotmail.com;SILVA, Gabriela Pires da[1](gabriielapires@outlook.com);SALA, Lia Geovana[1](lia.sala@unijui.edu.br);OLIVEIRA, Tarcísio Dorn de[1](tarcisio_dorn@hotmail.com)
[1]Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), BRASIL

**Autor correspondente*

RESUMO
Na arquitetura hospitalar um maior cuidado quanto à valorização e humanização dos espaços tornou-se necessário na hora de projetar, devido a grande gama de projetos que não enfatizam as reais necessidades dos usuários dessas edificações. Um ambiente capaz de fornecer boas condições lumínicas, térmicas, acústicas, de paisagismo, acessibilidade, entre outras, oferta ao paciente um ambiente mais amigável e tranquilo para que sejam realizados os procedimentos de saúde necessários. A pesquisa em questão visa avaliar uma edificação construída para abrigar uma unidade de saúde na cidade de Ijuí (Rio Grande do Sul/ Brasil) em funcionamento desde março de 2015. No estabelecimento trabalham diferentes profissionais da saúde. A partir de dados quantitativos e qualitativos coletados *in loco*, por meio de entrevistas, buscou-se observar o nível de satisfação do usuário quanto ao ambiente construído, utilizando técnicas apresentadas pela avaliação pós-ocupação. O objetivo principal da pesquisa busca apontar as reais necessidades e problemas encontrados pelos funcionários e usuários do ambiente construído. Deste modo, como produto final do trabalho será fornecido um *feedback* para futuros projetos, como também elencadas melhorias plausíveis a serem implantadas na edificação.
Palavras-chave: Qualidade; Conforto; Ambiente construído; Satisfação.

ANALYSIS IN HEALTH BUILDINGS: POST-OCCUPATION OF A HEALTH POSITION IN THE CITY OF IJUÍ-RS

ABSTRACT
In the hospital architecture, greater care regarding the valorization and humanization of spaces became necessary at the time of design, due to a great range of projects that don't emphasize the real needs of the users of these buildings. An environment capable of providing good light, thermal, acoustic, landscaping, accessibility, among others, offer the patient a more friendly and quiet environment for the necessary health procedures to be performed. The research in question aims to evaluate a building built to house a health unit in the city of Ijuí (Rio Grande do Sul / Brazil) in operation since March 2015. In the establishment work different health professionals. Based on quantitative and qualitative data collected in loco, through interviews, we sought to observe the level of user satisfaction regarding the built environment, using techniques presented by the post-occupation evaluation.The main objective of the research is to point out the real needs and problems encountered by employees and users of the built environment. In this way, as final product of the work will be provided feedback for future projects, as well as the plausible improvements to be implemented in the building.
Keywords: Quality; Comfort; Built environment; Satisfaction.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o exposto por Sampaio (2005), conforto e qualidade em ambientes hospitalares impactam positivamente nas necessidades da medicina (oferecendo espaços flexíveis de maneira a acomodar mais facilmente os equipamentos) e ofertando ao paciente um ambiente tranquilo que transmita bem-estar e confiança. Para a autora, o ambiente construído também influencia na satisfação dos profissionais, que passam a proporcionar um atendimento de melhor qual idade ao usuário, além de apresentar um aumento de produtividade. No estabelecimento trabalham diferentes profissionais da saúde, como: médicos, odontólogos, enfermeiros, técnicos de enfermagem, nutricionista, técnico de saúde bucal, assistente social, farmacêutico e agente de saúde.
A importância da humanização no ambiente de saúde é indispensável e está diretamente relacionada ao contato do usuário desse tipo de edificação com as áreas verdes, iluminação e ventilação natural, o que será evidenciado ao longo dessa pesquisa.

2. OBJETIVO

O principal objetivo desse trabalho é avaliar uma edificação construída para abrigar uma unidade de saúde no município de Ijuí (Rio Grande do Sul) em funcionamento desde março de 2015, quanto a sua acessibilidade, ventilação e iluminação natural, conforto térmico e espaços verdes disponíveis. Analisando em um primeiro momento a percepção dos usuários quanto aos itens questionados.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A partir de dados quantitativos e qualitativos coletados *in loco* buscou-se observar o nível de satisfação do usuário quanto ao ambiente construído, utilizando técnicas apresentadas pela avaliação pós-ocupação. Também foi realizada análise técnica a partir da verificação das condições da edificação, observando a qualidade final da construção, projeto arquitetônico e existência de patologias. Um dos métodos de análise utilizados nessa pesquisa foi o *walkthrough,* que segundo Reinghantz *et al*. (2008) combina simultaneamente a observação do pesquisador com uma entrevista realizada com o usuário. Para os autores, essa metodologia possibilita a avaliação do desempenho de um ambiente construído, apontando aspectos positivos e negativos das edificações analisadas.

4. DESENVOLVIMENTO

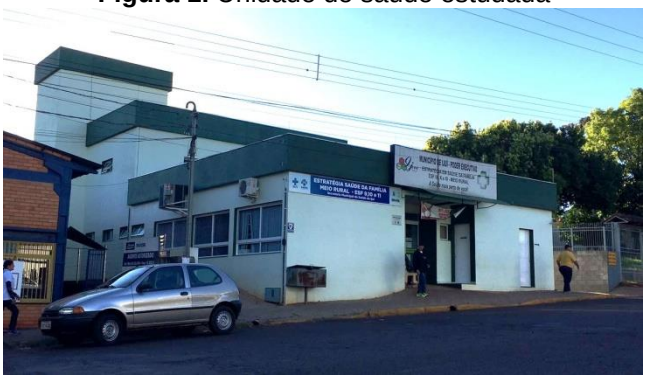
Por meio dos usuários das edificações construídas, é possível avaliar o desempenho das mesmas e dos espaços urbanos, relacionando-as diretamente à qualidade de projeto (REIS e LAY, 2006). A partir dos resultados encontrados, empenha-se em gerar diagnósticos que visam servir de base para modificações que gerem melhorias na edificação, como também servir como uma base de dados para projetos futuros.
Segundo o apresentado por Rheingantz *et al*. (2009) a avaliação pós ocupação (APO) é definida como um processo interativo que avalia rigidamente o desempenho de uma edificação após algum tempo de sua ocupação, após a construção. França e Ornstein (2015, p. 6) apresentam que "para a elaboração das avaliações, é necessário determinar, com base nas características de projeto,

quais os critérios de desempenho pretendidos para os ambientes, componentes e sistemas construtivos, em função dos usos previstos e de características específicas".
Conforme o exposto por Teixeira e Amorim (2006), na arquitetura hospitalar, aspectos relevantes como dimensões afetivas e psicossociais tem sido diminuídas quando comparadas com a supervalorização das dimensões técnicas e funcionais. Desse modo, esses ambientes tornaram-se frios e impessoais. Para os autores são necessários espaços mais humanizados, maior área de ventilação, incorporação da natureza junto ao espaço físico, espaços de convivência, total acessibilidade, etc.
Oliveira, Carvalho e Passos (2008) avaliam que a total acessibilidade dos ambientes construídos deve ser o propósito de qualquer profissional engajado no projeto dos espaços para uso da população. De acordo com o apresentado pela ANVISA (2014) o paisagismo pode interferir beneficamente na qualidade térmica da edificação. O sombreamento, gerenciamento da trajetória dos ventos, redução de ruídos são exemplos disso.
Conforme o apresentado por Dobbert (2010) a arborização traz vantagens estéticas, proporcionando harmonia à paisagem, melhoria climáticas e ambientais, consolidando-se como um importante utensílio que atua anti-estresse. Conforme o autor, a visibilidade dos jardins é indispensável, pois permite que os pacientes usufruam dos espaços verdes existentes nas edificações, principalmente aqueles que possuem alguma dificuldade de locomoção.
Quanto à localização desse tipo de edificação, Toleto (2005) apresenta que a escolha aonde será implantada a nova unidade de saúde depende de alguns fatores, sendo necessário analisar a população usuária dos serviços prestados, quadro nosológico, e o déficit existente para inserir a unidade onde ela será mais necessária e adequada. O autor ainda salienta a necessidade de se projetar a edificação de maneira que se possibilite futuras ampliações e reformas de modo que se tenha o menor impacto possível para os usuários.
Cintra (2011) apresenta benefícios quanto à utilização da luz natural como bem estar, qualidade ambiental e auxílio quanto a saúde dos usuários. Segundo a autora, as janelas envidraçadas permitem o contato visual com o exterior, além de propiciar a passagem da luz natural e calor, recomenda-se o uso do teto na cor branca, pois essa cor contribui para a reflexão de luz para o plano de trabalho.
Quanto a disposição dos ambientes, Dobbert (2010) indica a necessidade de suprir as necessidades físicas e psíquicas dos pacientes de maneira a humanizar os ambientes, interligando os ambientes físicos e os princípios humanos. É necessário que se identifique as necessidades de cada ambiente quanto a dimensão, mobiliário, equipamentos, infra-estrutura e número de trabalhadores envolvidos em cada procedimento, controle de temperatura exigido, nível de luminosidade, etc. (TOLEDO, 2005). Em edificações destinadas a área da saúde, torna-se imprescindível o estudo científico para que se otimizem os desenhos dos projetos arquitetônicos (LOPES, 2014).

4.1. ESTUDO DE CASO

O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar o ambiente construído por meio do grau de satisfação dos funcionários e usuários da edificação. A unidade de saúde é destinada para atendimento gratuito mantido pelo poder municipal para a população do interior do município de Ijuí. Foram elaborados questionários aplicados no local (apresentado na figura 1) durante um dia de funcionamento. As questões foram objetivas, aonde foi possível conceituar o item questionado em ótimo, bom, regular e ruim.

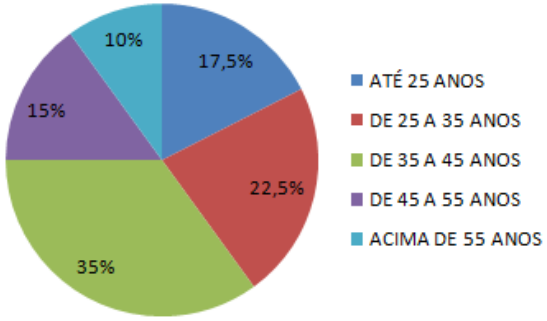
Figura 1. Unidade de saúde estudada



4.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

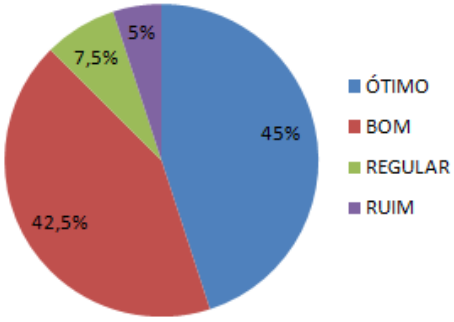
Primeiramente foi analisado o perfil do usuário entrevistado, no qual foi constatado que 30% destes eram funcionários do local, 50% pacientes e 20% acompanhantes de pacientes. Quanto à faixa etária dos entrevistados segue abaixo o gráfico 01:

Figura 2. Faixa etária dos entrevistados



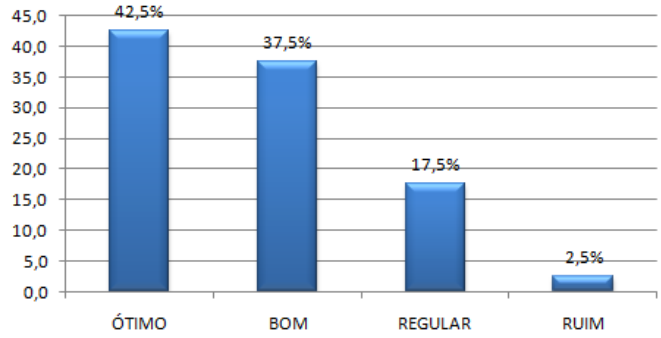
A localização da edificação construída foi analisada por meio de conceitos (conforme gráfico 2), onde foram questionados aspectos como facilidade de acesso, estacionamento, paradas de ônibus nas proximidades, etc.

Figura 3. Conceito quanto à localização da edificação



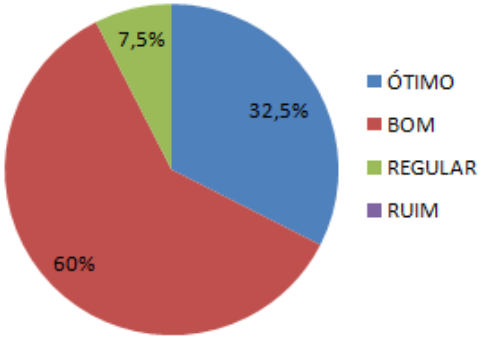
Foi constatado que a maioria dos usuários da edificação (87% dos entrevistados) estão satisfeitos quanto a localização da edificação. Os mesmos destacaram alguns aspectos importantes como: facilidade de encontrar estacionamento (pois a unidade de saúde não disponibiliza estacionamento próprio), proximidade com paradas de ônibus de linhas do interior do município, acessibilidade (a edificação não está localizada em pontos de difícil acesso como descidas íngremes como era a edificação anterior da unidade de saúde).
Quanto às instalações sanitárias foram observados pontos referentes a acessibilidade, demanda, limpeza, retorno de odores nas tubulações, entre outros. Assim, 50% dos entrevistados consideraram as instalações sanitárias como boas, 25% como ótimas e 25% como regulares. Logo, concluiu-se que 75% dos usuários estão satisfeitos com as instalações; porém, foram salientados problemas como retorno de cheiro nos banheiros em alguns dias (sob temperaturas mais altas) e falta de alguns elementos de acessibilidade como barras de apoio nos banheiros.
A qualidade da iluminação natural da edificação também foi questionada, levando em consideração que um projeto arquitetônico bem elaborado pode diminuir gastos com energia elétrica. Quando projetadas corretamente, com dimensões adequadas e boa posição solar, as aberturas proporcionam boa entrada de luz para dentro dos ambientes da edificação, resultando em maior sustentabilidade da edificação. Cerca de 20% dos usuários questionados mostraram-se insatisfeitos com a iluminação natural, observando a falta de janelas na sala de espera.

Figura 4. Qualidade da iluminação natural



Posteriormente foi questionada a qualidade da iluminação artificial, em que 95% dos usuários manifestaram-se satisfeitos (55% conceituaram como boa e 40% ótima) e somente 5% manifestaram-se não satisfeitos, conceituando a mesma como regular.
A respeito dos materiais de acabamento empregados na edificação, foi constatado que a maioria dos entrevistados consideraram satisfatórias as tipologias e qualidade de esquadrias, piso e pintura, conforme o gráfico 4.

Figura 5. Materiais de acabamento empregados



Dentre os itens comentados anteriormente foi enfatizado que a cor branca utilizada nos itens comentados anteriormente satisfez os usuários. Nos ambientes de saúde a utilização dessa cor é benéfica, pois auxilia na propagação da luz, iluminando os ambientes, e trazendo a sensação de tranquilidade para os usuários. Os espaços físicos dos consultórios, sala de vacina, recepção e demais salas foram avaliados quanto as suas dimensões e disposição dos mobiliários, conforme gráfico 5. A sala de espera foi avaliada separadamente, conforme gráfico 6.

Figura 6. Consultórios e demais salas

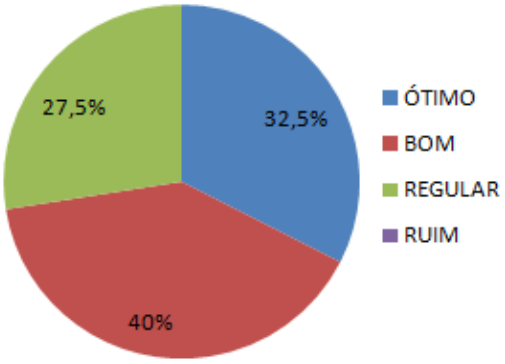
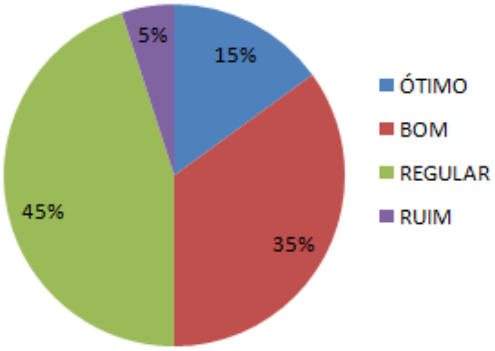


Figura 7. Sala de espera



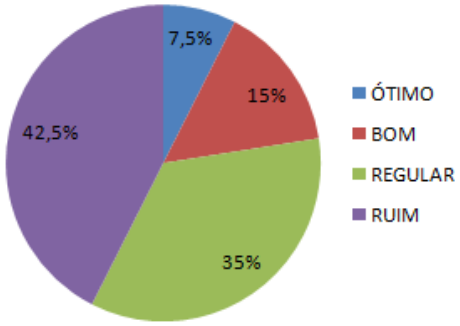
Nos ambientes estudados, foi observado que ambos demonstraram problemas quanto à disposição e adequação do espaço ao mobiliário existente. Porém, o maior problema notado foi na sala de espera, onde os usuários observaram na maioria dos questionários a falta de cadeiras, necessidade de melhor disposição das mesmas no espaço e maior cuidado quanto a disposição do projeto da sala de espera. Os entrevistados não aprovaram a disposição das cadeiras no corredor de acesso aos consultórios. Abaixo seguem imagens referente a sala de espera (imagem 02).

Figura 8. Sala de espera do posto de saúde



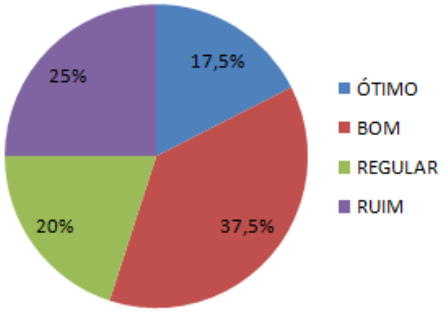
Outro item analisado por uma técnica do local foi a respeito da sala de vacinação que no projeto original continha somente uma porta de entrada com acesso direto da rua, sem acesso ao interior da edificação. Após algum tempo de uso da edificação, foi verificada a inviabilidade da situação do projeto devido a necessidade de entrada de outros profissionais no local e ligação direta com a unidade de saúde (para transporte de materiais, por exemplo). Então foi realizada uma reforma e instalada uma porta interligando a sala de vacinação com o restante da unidade de saúde.
A respeito do paisagismo, 78% dos usuários avaliaram a qualidade como sendo ruim ou regular, conforme pode ser observado no gráfico 7.

Figura 9. Paisagismo da edificação



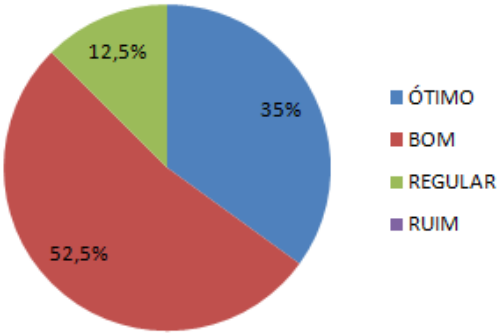
A insatisfação dos usuários foi notória, sendo salientada a falta de arborização no passeio público da edificação e ausência de jardim frontal, como também a inexistência de vasos com plantas dentro da edificação. Pacientes e acompanhantes relataram sobre o conforto térmico proporcionado pelo sombreamento das árvores. Na edificação estudada, não há nenhuma vegetação no passeio público e no interior da edificação.
No caso da edificação estudada, existem janelas envidraçadas na sala de espera que possibilitam o contato visual com o exterior, conforme pode ser visualizado na imagem 2; ao lado existe um corredor que liga o posto de saúde a edificação vizinha composto por piso intertravado, sugere-se que nesse local seja implantado uma área verde. Quanto a separação de resíduos, funcionários, pacientes e acompanhantes avaliaram da seguinte forma:

Figura 10. Resíduos sólidos



Os questionados constataram a ausência de lixeiras separadas por cor para separação do tipo de resíduo a ser descartado, como também a existência de um pequeno número de lixeiras para destinação dos resíduos sólidos gerados. Alguns recipientes específicos para descarte de outros resíduos como pilhas foram encontrados no local.
Por fim foram questionadas as condições de acessibilidade da edificação, conforme pode ser verificado no gráfico 9.

Figura 11. Condições de acessibilidade



Somente 12,5% dos entrevistados consideraram as condições de acessibilidade como regulares. Foram levantados aspectos como necessidade de rampa ou elevador para cadeirantes proporcionando o acesso ao segundo piso da edificação e cobertura para acesso de cadeirantes nos dias de chuva. Outros aspectos técnicos analisados foram a ausência de acessibilidade para deficientes visuais, como pisos táteis no passeio público e ausência de vaga específica para deficientes físicos na via.

5. CONCLUSÃO

Espera-se que essa pesquisa sirva de auxílio para novos projetos, atuando como um *feedback*, retroalimentando futuros projetos. Com a aplicação da avaliação pós-ocupação na unidade de saúde estudada foi notório o envolvimento do público com a pesquisa. O usuário desse tipo de edificação necessita de um ambiente humanizado e isso foi fortemente evidenciado na medida em que a aplicação dos questionários avançava. Alguns pontos destacaram-se no caso em estudo, como a importância do paisagismo, áreas verdes e iluminação e ventilação natural.

Evidenciou-se a necessidade de implantar jardins e árvores junto a unidades de saúde, a fim de proporcionar o sombreamento da edificação em áreas estratégicas e principalmente trazer a sensação de bem estar ao usuário. A necessidade da iluminação natural foi um dos itens relatados pelos usuários, e junto com ela a importância da ventilação natural; os pacientes sentem falta desses aspectos nas edificações e talvez observem tanto isso devido a qualidade de vida que levam na área rural local onde residem. A questão de destinação dos resíduos sólidos deve ser evidenciada, é necessário um maior cuidado quanto a separação desses, principalmente em ambientes públicos para que ocorra uma conscientização da população quanto ao tema.
Todavia, esses aspectos auxiliam na sustentabilidade da edificação, diminuem gastos energéticos e proporcionam melhores condições térmicas e lumínicas ao ambiente, sendo considerável levar essas contribuições para projetos futuros. Sendo assim, a sustentabilidade não é apenas uma questão ambiental, é uma necessidade humana diretamente ligada ao bem estar humano e social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Conforto Ambiental em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde / Agência Nacional de Vigilância Sanitária. - Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2014. 165 p.

CINTRA, Milena Sampaio. Arquitetura e luz natural: A influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais. Brasília, 158 f., 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.

DOBBERT, Léa Yamaguchi. Áreas Verdes Hospitalares - Percepções e Conforto. Piracicaba, 121 f., 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.

FRANÇA, Ana Judite Galbiatti Limongi; ORNSTEIN, Sheila Walbe. Subsídios para a criação de um sistema de indicadores de desempenho em edificações. In: IV Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 4., 2015. Viçosa. Anais...

LOPES, Amanda dos Santos. Processo de projeto de uma arquitetura sustentável para edificações de saúde. Niterói, 69 f., 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense.

OLIVEIRA, Rodrigo Porto; CARVALHO, Luiz Ricardo de; PASSOS, Anne Lisa. Acessibilidade em Edifícios de Saúde: Avaliação Pós-Ocupação no Departamento de Assistência ao Servidor – DAS – UFRN. In: 7º Seminário Internacional - ESPAÇO SUSTENTÁVEL: INOVAÇÕES EM EDIFÍCIOS E CIDADES, 7, São Paulo, 2008. Anais. São Paulo.

REIS, Antônio Tarcísio da Luz; LAY, Maria Cristina Dias. Avaliação da qualidade de projetos - uma abordagem perceptiva e cognitiva. Revista Ambiente Construído, v. 6, n. 3, p. 21-34, jul./set. 2006.

RHEINGANTZ, Paulo Afonso; AZEVEDO, Giselle Arteiro; BRASILEIRO, Alice; ALCANTARA, Denise de; QUEIROZ, Mônica. Observando a qualidade do lugar. Procedimentos para a avaliação pós-ocupação. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pós-Graduação em Arquitetura, 2009. 117 p.

SAMPAIO, Ana Virginia Carvalhaes de Faria. Arquitetura hospitalar: projetos ambientalmente sustentáveis, conforto e qualidade. Proposta de um instrumento de avaliação. São Paulo, 402 f. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo.

TEIXEIRA, Regina Frutuoso; AMORIM, Sérgio Leusin. Avaliação Pós-Ocupação e humanização em ambientes de saúde. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 6, Florianópolis, 2006. Anais. Florianópolis, p. 1376 – 1386.

TOLEDO, Luiz Carlos de Menezes. Humanização do edifício hospitalar: um tema em aberto. In: II Seminário sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura, PROJETAR, 2005. Anais. Rio de Janeiro.

481. ANÁLISE DO PROCESSO DE EXPORTAÇÃO DE MODELO BIM DESENVOLVIDO NO REVIT PARA O ENERGYPLUS VIA OPENSTUDIO

*ARAUJO, Aline M. F * [1](aline.mfaraujo@hotmail.com); TAVARES, Sergio Fernando [1] (sergioftavares@gmail.com); SCHEER, Sergio [1] (scheer@ufpr.br).*
[1] Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil.
**Autor correspondente*

RESUMO
É fundamental a realização de analises ambientais e estimativas de consumo de recursos naturas, como água e energia nos novos projetos na indústria de AEC para que tais consumos possam ser planejados e minimizados. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a exportação de um modelo arquitetônico de uma edificação residencial desenvolvido no Revit para o software de simulação termo-energética EnergyPlus com o auxílio do Plug-in OpenStudio. O OpenStudio é capaz de receber o modelo BIM com todas suas informações no formato gbXML e transformar o mesmo arquivo no formato IDF (*EnergyPlus Input Data Files*), mantendo as informações do modelo original. Após a exportação do modelo, os dados e informações relativas à localização, coordenadas, geometrias, reconhecimento das diferentes zonas térmicas, padrões de consumo energético, entre outras, foram verificados. Em seguida foi simulado o consumo energético anual da edificação no EnergyPlus utilizando os parâmetros e geometria do modelo BIM exportado. Paralelamente, outra simulação foi realizada a partir de geometria e parâmetros inseridos de forma manual no mesmo software, diretamente no arquivo IDF, mantendo as mesmas condições, dimensões e materiais especificados. Os resultados das duas simulações foram comparados. O processo de exportação do modelo BIM foi considerado parcialmente satisfatório.
Palavras-chave: BIM; Interoperabilidade; Revit; OpenStudio; EnergyPlus

EXPORTATION PROCESS ANALYSIS OF BIM MODEL FROM REVIT TO ENERGYPLUS USING OPENSTUDIO

ABSTRACT
It is essential to conduct environmental analyzes to estimate consumption of natural resources such as water and energy in AEC industry new projects. This paper aims to evaluate the process of exporting architectural model developed on Revit to EnergyPlus with OpenStudio plug-in. OpenStudio is able to receive BIM model as gbXML format and then, to transform the same file into EnergyPlus Input Data Files (IDF) format, keeping original data. After exportation process, model data and information about location, coordinates, geometries, thermal zones, energy consumption patterns, and others, were verified. Then, annual building energy consumption was simulated on EnergyPlus using exported parameters. Another simulation was performed with directly IDF file inputs, maintaining same conditions, dimensions and materials. The results about the exportation process and thermal simulations was partially satisfactory.
Keywords: BIM; Interoperability; Revit; OpenStudio; EnergyPlus.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Eastman et al. (2011), os problemas mais comuns associados à troca de informação e comunicação através das bases em 2D durante a fase de projeto são a demanda de tempo e despesas necessárias para gerar informações significativas sobre o projeto proposto. Normalmente análises são realizadas de forma aprofundada somente durante a obra ou quando a edificação já

está finalizada, impossibilitando ajustes e soluções eficientes. Devido à falta de processos interativos no projeto, algumas inconsistências só podem ser percebidas na execução, o que pode comprometer o projeto original e todo seu andamento. Portanto, é fundamental o uso de tecnologias que envolvam modelos inteligentes e troca de informação para o desenvolvimento de construções mais sustentáveis. Visto isso, o presente trabalho pretende analisar a interoperabilidade entre duas ferramentas que vêm sendo amplamente utilizadas em projetos que envolvem modelagem BIM e análises energéticas.

1.1 Modelagem da Informação da Construção e Interoperabilidade

O *Building Information Modeling* (BIM), em português, Modelagem da Informação da Construção, é um conceito de modelagem que apresenta todo o conjunto real do edifício, uma vez que considera todas informações digitalizadas e relacionadas ao projeto, fornecendo desenhos conceituais e detalhados, permitindo que a construtibilidade seja analisada antes da execução. O BIM é um dos avanços mais promissores na indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com esta tecnologia é possível criar modelos virtuais de edificações de forma extremamente acurada. Quando prontos, estes modelos gerados contêm geometrias precisas e dados necessários para representar e auxiliar a construção, fabricação e também a aquisição de produtos para a edificação (EASTMAN et al., 2011). Segundo Yung e Wang (2014), o BIM é uma técnica que usa modelos 3D em conjunto com outras ferramentas inteligentes para se obter informações importantes sobre o projeto e construção, como por exemplo, informações relacionadas ao tempo e cronogramas (4D), e custos e orçamentos (5D). Em relação à sexta dimensão do BIM, ainda não há um conceito bem definido entre os diversos autores e pesquisadores da área, porém pode-se afirmar que o termo BIM 6D abrange o ciclo de vida da construção voltado ao desempenho, manutenção e sustentabilidade. Ou seja, uma vez que o BIM permite que informações multidisciplinares estejam presentes em um modelo, cria-se uma oportunidade para que índices de sustentabilidade sejam incorporados ao longo do processo de concepção (JRADE; ABDULLA, 2012).

O intercâmbio de dados entre duas aplicações diferentes pode ser feito de quatro maneiras: a) através de ligações diretas entre ferramentas BIM específicas; b) por formatos de arquivos de intercambio proprietários, desenvolvidos por uma empresa para interfacear outro aplicativo daquela mesma companhia ou outra específica; c) formatos públicos de intercambio, os quais envolvem o uso de um padrão aberto para os modelos. O Industry Foundation Classes (IFC), por exemplo, é uma das principais opções internacionais de formato de intercambio público, foi desenvolvido para criar um grande conjunto de dados e informações e permitir que estes sejam intercambiados entre diversas aplicações na indústria de AEC; d) formatos de intercambio baseados em *eXtensible Markup Language* (XML), que é uma extensão para o HTML, a linguagem usada para enviar informações pela web. Diversas plataformas oferecem a alternativa de transferência de arquivo no formato *Green Building* XML (gbXML), o qual foi desenvolvido para transferir informações necessárias para análise de energia e do envelope de construções, zonas térmicas e simulação de equipamentos mecânicos (EASTMAN et al., 2011).

Segundo Miller et al. (2014), o acesso convencional às informações contidas nos modelos BIM basea-se em formatos de dados como gbXML e arquivos IFC para interoperabilidade com programas de simulação energética. Porém, usuários destes formatos possuem pouco controle sobre como eles são criados ou carregados, e portanto, a extração de dados e a interoperabilidade ficam limitados. Ugliotti et al. (2016) também concorda que indústria da construção ainda é muito inconsistente em termos de adoção da exportação de dados do BIM para software de análise. A

principal limitação é que a exportação de modelos por formatos IFC e XML é imperfeita e nem sempre fornece uma fonte confiável de dados geométricos. Por outro lado, a maior parte dos pesquisadores concordam que há muito potencial neste processo. A dificuldade para a exportação adequada se dá por diversos fatores, como: a grande variedade de software disponíveis e tipos de análises; do nível de experiência do usuário; meios de obenção de propriedades físicas do edifício; preferências pessoais em termos de fluxo de trabalho; e o nível de detalhamento do modelo. Por conseguinte, são necessárias novas investigações e maior desenvolvimento no sentido de otimizar o compartilhamento de dados e automatizar os processos através de padrões comuns, tornando rentável a simulação energética durante a etapa de projeto de edificações.

1.2 Software de simulação energética

O Revit é uma ferramenta desenvolvida pela Autodesk para a criação de projetos em BIM. O software está disponível comercialmente e permite a modelagem parametrizada em 3D para projetos arquitetônicos, estruturais e complementares. O programa também apresenta uma ferramenta chamada Energy Analysis que permite realizar simulações energéticas dos modelos, produzindo relatórios do comportamento energético da edificação. Porém, as análises possuem algumas restrições e muitas vezes apresentam informações superficiais e insuficientes, necessitando de ferramentas complementares para análises mais detalhadas do desempenho (QUEIRÓZ et al. 2015). Ferramentas específicas para análises energéticas do edifício também foram disponibilizadas pela própria empresa desenvolvedora do Revit oferecendo mais opções de compatibilidade de dados, como por exemplo o Ecotect e Green Building Studio.
Por outro lado, o EnergyPlus é um software gratuito amplamente utilizado em pesquisas de simulação energética no mundo todo. De acordo com Silva et al. (2016), o EnergyPlus é um programa de código aberto que foi desenvolvido em colaboração entre diversos institutos acadêmicos, pesquisadores e laboratórios nacionais do Departamento de Energia dos EUA (DOE). A ferramenta possui uma longa história de testes analíticos e comparativos, sendo constantemente atualizado com novas versões.
O programa EnergyPlus foi escolhido para este estudo de interoperabilidade com o Revit devido ao seu reconhecimento como ferramenta para simulação dinâmica de edifício. Diversas publicações analisam e validam o uso desta ferramenta de forma positiva. Gomes (2010) estudou a validação da modelagem com o programa EnergyPlus por comparação de medições *in situ*. No estudo de Shabunko et al. (2016) foram desenvolvidos modelos no EnergyPlus para de projetos de construção tipicamente usado em habitações na Ásia, comparando o desempenho energético de 400 edifícios. Yang et al. (2015) avaliaram a precisão e a aplicabilidade de modelos térmicos no EnergyPlus para calcular os efeitos da umidade e das taxas de infiltração sobre o consumo de energia. Já, Barbosa et al. (2013) avaliaram o desempenho térmico de um ambiente com fachada dupla, mostrando vantagens do EnergyPlus em relação às simulações por Dinâmica dos Fluidos Computacional (*Computacional Fluid Dynamics* - CFD) por considerar as variações anuais das condições de contorno. Batista et al. (2011) avaliaram os algoritmos que o software utiliza para a simulação dos processos de condução e convecção, assim como Anđelković et al. (2016), que empregam o modelo de rede *Airflow Network* para ventilação natural, e apresentam como resultado um alto nível de correspondência entre valores reais medidos e valores simulados. A NBR 15.575 (ABNT, 2013) também recomenda o emprego do EnergyPlus para a realização das simulações computacionais de desempenho térmico. A norma permite a utilização de outros programas, desde sejam validados pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) - Standard 140. O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de

Edificações Residenciais (RTQ-R), elaborado pela Eletrobras e Procel (2012), também recomenda o uso deste programa.

Yu et al. (2015) consideram o EnergyPlus como parte da nova geração de software de análise de consumo de energia. Porém, os autores consideram a interface do programa extremamente hostil e sua operabilidade complicada. A edição do arquivo de entrada é demorada e os dados devem ser absolutamente precisos. Os usuários precisam examinar o arquivo de erros e modificar repetidamente. Por isso, exige um operador experiente para edição do arquivo de entrada. A fim de incentivar e também facilitar o uso do EnergyPlus, algumas ferramentas foram desenvolvidas para criar interfaces mais "amigáveis" com o software, como por exemplo o OpenStudio, uma plataforma de ferramentas que dão suporte em simulações energéticas no EnergyPlus. Entre as aplicações gráficas, está incluso o *plug-in* do OpenStudio para o SketchUp (Trimble), que permite aos usuários criar rapidamente a geometria necessária para a simulação.

Diversos autores vêm estudando as diferentes formas de se exportar modelos BIM desenvolvidos no Revit para o EnergyPlus, a fim de realizar análises e simulações energéticas mais precisas e evitar a reentrada de informação e modelagem da geometria. Gouveia et al. (2014) analisaram a possibilidade de exportação da geometria do Revit no formato gbXML para o EnergyPlus com o auxílio do programa Ecotect Analysis, Sketchup e Legacy OpenStudio. Foi verificado o reconhecimento das zonas térmicas e geometria parcial, porém ocorreu supressão das espessuras de paredes, pisos e cobertura. Miller et al. (2014) também desenvolveram um modelo no Revit para ser extraído para o EnergyPlus por meio do Design Performance Viewer (DPV). Foi utilizado o RevitPythonShell (RPS) para converter o modelo de dados BIM em uma representação geométrica no formato IDF para o EnergyPlus. O processo de tradução da geometria incluiu muitos desafios no que diz respeito à criação de zonas e simplificação de modelos e alguns detalhes precisaram ser ajustados manualmente após o processo de extração, uma vez que o modelo de geometria inicialmente produzido possuía algumas incompatibilidades.

Queiróz et al. (2016) analisaram as diversas possibilidades para exportação de modelos digitais de edificações produzidos no Revit 2016 para EnergyPlus 8.4.0. Foram exportados, nos formatos de arquivos IDF e gbXML, modelos produzidos no Revit com diferentes opções de configurações do programa, e posteriormente, estes foram comparados com o modelo de referência produzido diretamente no EnergyPLus. A verificação dos arquivos exportados foi realizada com o auxílio do plug-in Legacy OpenStudio no SketchUp, identificando parâmetros definidos na geometria e propriedades dos materiais empregados no modelo BIM. Os resultados apontaram que os modelos exportados como massas conceituais, assim como as exportações realizadas a partir dos resultados de analises do Revit, ou pelo Green Building Studio, apresentaram maiores distorções geométricas, e não foram capazes de identificar os materiais e respectivas propriedades térmicas do modelo. O modelo de construção, proveniente do arquivo gbXML, exportado do menu principal do Revit, configurou-se como melhor opção para utilização no EnergyPlus.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar e validar a exportação do modelo BIM de uma edificação residencial desenvolvido no Revit para o software de simulação termo-energética EnergyPlus utilizando o OpenStudio. A partir disso, será possível identificar as dificuldades de interoperabilidade entre os dois softwares e apontar os recursos necessários para aprimorar este processo, e desta forma, contribuir para o desenvolvimento de um fluxo de trabalho na utilização do BIM em análises energéticas.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia desenvolvida foi realizada em quatro etapas principais, e em cada uma delas foi analisada transferência de informação entre os arquivos.

3.1 Criação do modelo BIM

Foi desenvolvido o modelo de uma edificação residencial utilizando o Revit 2016. O protótipo criado para a realização deste estudo é o modelo de uma casa composta por uma sala, dois dormitórios, um banheiro e uma cozinha integrada com a área de serviço, distribuídos em aproximadamente 58 m^2. Foi atribuído ao modelo a localização de um terreno situado na cidade de Curitiba-PR, com as janelas dos dois dormitórios voltadas para a direção Norte. Para cada elemento componente do modelo foram especificados materiais. Foram atribuídos, em cada material componente da casa, valores numéricos para espessuras, condutividade térmica, calor específico e densidade. Com a espessura e condutividade térmica dos materiais, o Revit calcula automaticamente a resistência térmica de cada superfície.

O Revit disponibiliza dois componentes independentes para delimitar uma área de interesse no projeto: Ambiente e Espaço. A definição destes componentes no modelo é essencial para realizar análises energéticas e exportações por gbXML. Um Ambiente armazena valores em parâmetros variados que afetam a análise de cargas para aquecimento ou resfriamento. Os Ambientes são componentes de arquitetura utilizados para manter as informações sobre áreas de ocupação onde são colocados. Já os espaços, são usados nas disciplinas de instalações complementares ou MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) para analisar volumes, não necessariamente ocupados.

Antes de exportar o modelo pronto, foram ajustados todos os parâmetros de rotinas de cronograma (*schedules*) de ocupação, cargas térmicas para iluminação e equipamentos. Foram delimitados também os Ambientes e Espaços do modelo para que as informações de cada cômodo possam ser armazenadas e exportadas de forma adequada. Os Ambientes e Espaços delimitados devem, posteriormente, ser identificados no EnergyPlus como zonas térmicas para a simulação energética. A metodologia incluiu exportações no formato gbXML especificado por Ambientes e também por Espaços, com o intuito de comparar estes dois componentes e respectivos formatos de compartilhamento de informações.

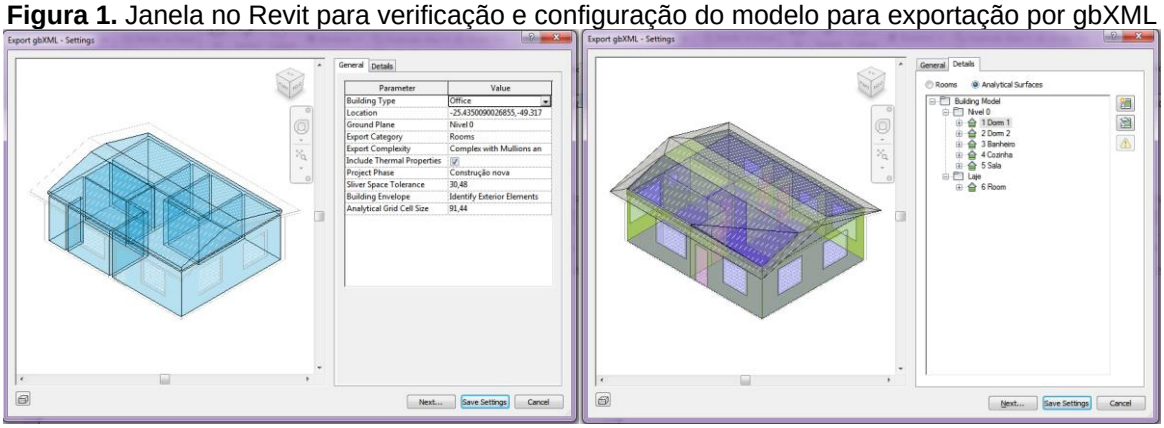
3.2 Exportação no formato gbXML

Os cinco cômodos foram especificados como Ambientes, assim como a área entre a laje e o telhado. Depois de todos ajustes realizados, o modelo foi exportado no formato gbXML no menu principal do Revit. Porém, antes de finalizar a exportação, é necessário configurar as informações do projeto. Foi solicitado ao software a exportação por ambientes, com superfícies complexas e propriedades térmicas inclusas, identificando as superfícies externas. Nesta etapa é possível verificar os ambientes delimitados, e observar as superfícies analíticas reconhecidas pelo programa. Caso haja erros de identificação das superfícies e/ou ambientes, estes serão apresentados nesta etapa, possibilitando ao usuário corrigi-los antes de efetuar a exportação, e consequentemente, reduzir erros de geometria e camadas de materiais para o arquivo gbXML. Por padrão, o Revit não calcula automaticamente os volumes de Ambientes, portanto, nesta etapa é necessário ativar o cálculo de volumes, e corrigir os mesmos, caso necessário.

A exportação por Espaços é feita da mesma forma que pela categoria Ambientes, porém, existem diferentes opções de configuração. Durante a exportação do arquivo é possível optar por gerar

padrões conceituais, já pré-definidos pelo programa. Porém, como no estudo realizado foi exportado o modelo com as características originais, esta opção não foi selecionada.

Figura 1. Janela no Revit para verificação e configuração do modelo para exportação por gbXML



3.3 Importação dos arquivos para o EnergyPlus com o OpenStudio

Após a exportação do modelo, na barra de extensões do Sketchup 2016, foi selecionado o *plug-in* OpenStudio 1.10.0 para realizar a importação do arquivo gbXML. O modelo importado pode ter sua geometria analisada, conforme mostra a Figura 2, e caso seja necessário, as superfícies podem ser facilmente modificadas no Sketchup. Posteriormente, este novo arquivo foi exportado no formato IDF. Os arquivos IDF do modelo foram abertos no *IDF Editor* do EnergyPlus 8.4.0. Nesse editor de arquivo é onde são inseridos todos os parâmetros de entrada do software para configurar a simulação da forma desejada. Nesta etapa foram analisadas as informações do modelo que foram reconhecidas, ou não, no processo de exportação. Foram observados os parâmetros de entrada descritos na Tabela 1.

Figura 2. Vista de modelo 3D desenvolvido no Revit (esquerda) e vista geometria exportada no Sketchup

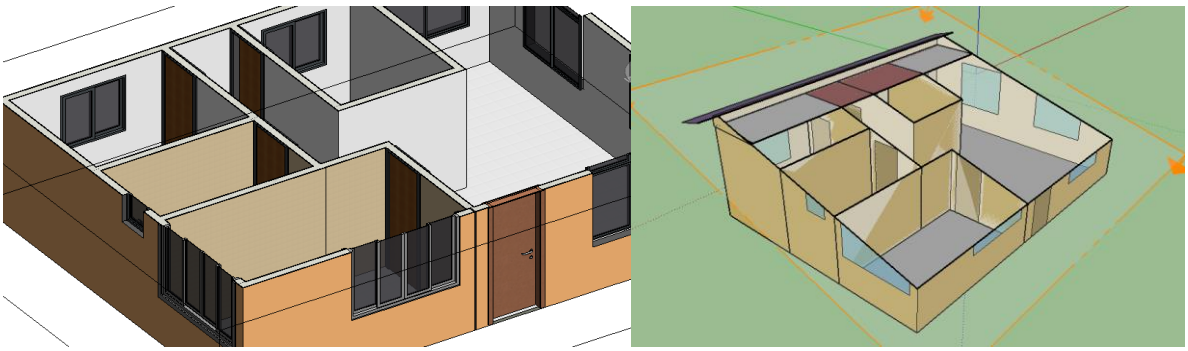


Tabela 1. Parâmetros de entrada observados no EnergyPlus

CLASSE	LISTA	DESCRIÇÃO
Location and Climate	*Site: Location*	coordenadas geográficas, fuso horário e altitude
Schedules	Todas	rotinas de cronograma diárias, semanais e anuais
Surface Construction Elements	*Material*	rugosidade, espessura, condutividade, densidade, calor específico, absortância
	Material: NoMass	rugosidade, resistência térmica, absortância
	Window Material: SimpleGlazingSystem	fator U, coeficiente de ganho de calor por radiação e transmitância visível da janela
	Construction	elementos construtivos e respectivas camadas
Thermal Zones and Surfaces	*Zones*	zonas térmicas
	BuildingSurface: Detailed	superfícies e respectivos elementos construtivos
	FenestrationSurface: Detailed	elementos de portas e janelas
	Shading; Building: Detailed	objetos e superfícies de sombreamento
Internal Gains	*People, Lights e Electric Equipment*	ganhos de calor, relacionados com as *Schedules*

3.4 Simulação no EnergyPlus

Os dois arquivos exportados foram configurados com os mesmos padrões do arquivo de referência criado no EnergyPlus. Foram feitos os ajustes necessários e a configuração do sistema de ventilação natural com abertura das janelas. Foi adicionado o arquivo climático *Test Reference Year* (TRY) de Curitiba, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da UFSC. De acordo com Melo et al. (2009), o arquivo climático TRY representa um ano de dados médios para um local específico, sem extremos de temperatura. Este arquivo compreende as variáveis de temperatura de bulbo seco, temperatura de orvalho, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos, nebulosidade, pressão barométrica e radiação solar. Após zerados os erros, as simulações dos três arquivos foram executadas, gerando resultados de temperatura média por hora em cada zona térmica, durante um ano.

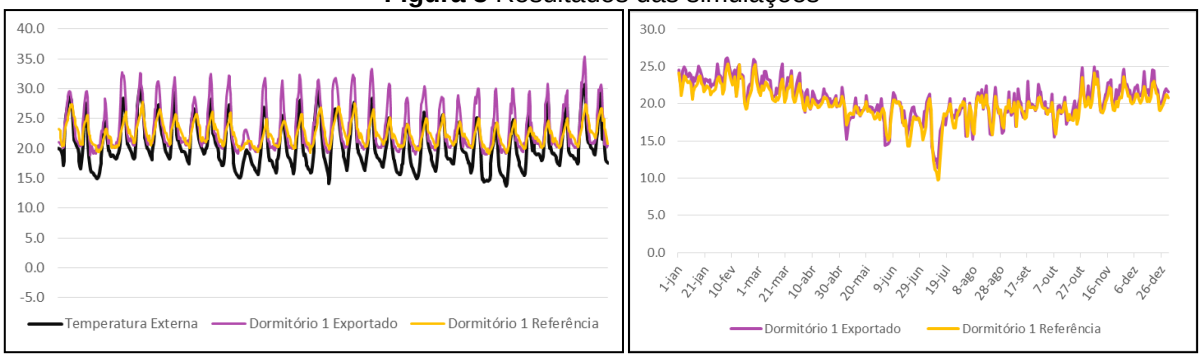
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O arquivo exportado do Revit definido como Ambiente e o definido por Espaço geraram arquivos IDF praticamente idênticos. As informações referentes à localização e coordenadas da edificação não foram identificadas no processo de exportação. Porém, é possível reconhecer que a orientação do modelo não foi alterada, uma vez que o eixo verde do Sketchup, por padrão, é a direção Norte.
Quanto às informações de *schedules*, a exportação por Ambiente não reconheceu nenhum padrão. A exportação por Espaços reconheceu automaticamente as duas rotinas diárias, semanais e anuais configuradas no Revit. Porém, estes *schedules* não foram relacionados com as listas de *Internal Gains* para configurar as rotinas de ocupação, iluminação e equipamentos elétricos, sendo necessária configuração manual destes parâmetros.
Dos 13 materiais definidos no modelo para compor a edificação, 12 foram exportados automaticamente. Sendo que, o material que compõe os elementos de porta foi o único identificado na lista de material com espessura, condutividade térmica e calor específico. Os outros 11 materiais foram reconhecidos no arquivo IDF como materiais sem massa, nos quais foram identificados apenas a resistência térmica calculada pelo Revit e a rugosidade, que foi classificada como lisa para todos eles. Segundo Gomes (2010), o parâmetro de rugosidade do material afeta o cálculo do coeficiente de transporte por convecção. A lista de materiais sem massa no EnergyPlus deve ser

utilizada para materiais com apenas resistência térmica conhecida e para todos os materiais que não acumulam calor na sua massa, geralmente mantas isolantes ou estanques, as quais contribuem pouco para a inércia térmica do ambiente. Ou seja, ainda que os valores de resistência térmica estejam corretos, os materiais que compõem as paredes, pisos e cobertura foram reconhecidos como materiais sem espessura pelo software de simulação, com rugosidade diferente da real e diferente do modelo de referência. Estes fatores podem afetar amplamente os resultados das simulações. Os materiais de janela não foram exportados no arquivo e, portanto, foi necessário adicioná-los manualmente e atrelar às superfícies de janela na lista *FenestrationSurface: Detailed*. Os elementos construtivos foram exportados corretamente, com camadas de material bem definidas, excluindo apenas o elemento referente à janela. As seis zonas térmicas definidas como Ambiente ou Espaços, também foram corretamente identificadas. A geometria do modelo, quando observada visualmente no Sktetchup, não apresentou erros ou deformações em nenhum dos arquivos exportados. As superfícies detalhadas no EnergyPlus também foram corretamente identificadas, com coordenadas coerentes e relação de materiais componentes fiéis ao modelo original. É valido citar que os nomes dos materiais, elementos construtivos, zonas térmicas e outros, foram transformados em códigos numéricos. Porém, suas propriedades térmicas e geográficas se mantiveram corretas na exportação. Além da adição de elementos de janela e das rotinas de consumo energético, nenhum outro parâmetro de entrada citado foi modificado para realizar as simulações.

Por fim, como esperado, os resultados das simulações energéticas foram idênticos entre os dois arquivos exportados, porém, diferentes dos resultados do modelo de referência. Conforme os gráficos a seguir, é possível perceber que as temperaturas simuladas seguem uma tendência com um mesmo padrão e médias diárias aproximadas. Porém, as temperaturas internas em todos as zonas térmicas na simulação dos arquivos exportados sofreram maior amplitude térmica, ou seja, maiores máximos e mínimos diários, se comparados com a simulação do modelo de referência. Isso ocorreu porque os materiais das envoltórias foram reconhecidos no EnergyPlus como materiais sem massa e, portanto, com capacidade térmica nula. O gráfico apresentado no lado esquerdo da Figura 3 representa as temperaturas horárias na zona térmica Dormitório 1 simuladas para os arquivos exportados e modelo de referência em graus Celsius (ºC) ao longo do mês de janeiro. O gráfico à direita representa as temperaturas médias ao logo do ano para a mesma zona térmica.

Figura 3 Resultados das simulações



Fonte: Os autores

Os valores de transmitância térmica das paredes e cobertura foram reconhecidos corretamente pelo software no processo de exportação. Esta propriedade define a transmissão de calor em unidade de tempo através de uma área unitária de um componente construtivo, incluindo as resistências

superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. Sua unidade no sistema internacional é [W/(m².K)]. A transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total. Por outro lado, a capacidade térmica representa a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema em [(kJ/m².K)]. A capacidade térmica de componentes formados por camadas homogêneas perpendiculares ao fluxo de calor é obtida pela multiplicação da espessura com a densidade e calor específico de cada material componente.

5. CONCLUSÃO

Com base no que foi identificado durante a revisão bibliográfica da literatura, foi desenvolvido o método aplicado neste estudo para realizar de forma eficaz a exportação de um modelo BIM desenvolvido no Revit para o software de simulação energética EnergyPlus. A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que o processo de exportação, conforme realizado, foi parcialmente satisfatório.

Os dois arquivos exportados apresentaram uma geometria correta, sem erros e distorções aparentes, reconhecendo as coordenas de todas as superfícies, componentes de janelas, portas e elementos de sombreamento, não sendo necessário ajuste adicional da geometria para a simulação. Este resultado por si só já pode ser considerado como um avanço, uma vez que a grande parte dos pesquisadores normalmente identifica pequenas divergências nesta etapa. As seis zonas térmicas também foram reconhecidas como desejado. Os materiais componentes do modelo tiveram as propriedades de resistência térmica corretamente identificadas. Porém, ficaram listados como materiais sem massa no software, o que causou alterações significativas nos resultados. O ideal seria que estes materiais fossem identificados como complexos, com todas as propriedades detalhadas. Os *schedules* também tiveram informações faltantes, assim como a localização.

De forma geral, as informações inexistentes ou incorretas necessitam de processos simples de correção e modificação, que não demandam grande quantidade de tempo do usuário, como seria caso a geometria do modelo estivesse incorreta. Desta forma, o processo escolhido para exportação do modelo BIM para o software de simulação energética mostrou um grande potencial prático, capaz de aprimorar o fluxo de trabalho nesta área, necessitando apenas de pequenos ajustes de interoperabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANĐELKOVIĆ, A. S.; MUJAN, I.; DAKIĆ, S. Experimental validation of a EnergyPlus model: Application of a multi-storey naturally ventilated double skin façade. Energy and Buildings, v. 118, p. 27–36, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edificações Habitacionais Desempenho Parte 1 : Requisitos gerais Prefácio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

BARBOSA, S. A.; TIBÚRCIO, T. M. DE S.; CARLO, J. C.; GUIMARÃES, Í. B. B. Método de utilização do programa Energyplus para verificação de desempenho térmico de ambientes com fachadas duplas. Ambiente Construído, v. 13, n. 4, p. 121–134, 2013.

BATISTA, J. O.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. Influências dos algoritmos de condução e convecção sobre os resultados de simulações do comportamento térmico de edificações. Ambiente Construído, v. 11, n. 4, p. 79–97, 2011.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

ELETROBRAS; PROCEL. Manual para aplicação do RTQ-R, 2012.

GOMES, K. S. A. Validação da modelação de um edifício de habitação com o programa energyplus por comparação com medições “in situ”, Porto, 100 p.,2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto.

GOUVEIA, A. C. A.; ANDRADE, L. DE S.; ALVIM, L. G.; MAGALHÃES, A. G. DE. Obtenção de coordenadas da geometria de uma edificação para arquivo do energyplus utilizando o Revit. Construindo, v. 6, n. 2, p. 50–55, 2014.

JRADE, A.; ABDULLA, R. Integrating Building Information Modeling and Life Cycle Assessment Tools to design sustainable buildings. CIB W78 2012: 29th International Conference, , n. 29, p. 1–10, 2012. Beirut, Lebanon.

MELO, A. P.; WESTPHAL, F. S.; MATOS, M. Apostila Do Curso Básico Do Programa Energyplus. 2009.

MILLER, C.; THOMAS, D.; IRIGOYEN, S. D.; et al. BIM-extracted energyplus model calibration for retrofit analysis of a historically listed building in Switzerland. ASHRAE/IBPSA-USA Building Simulation Conference, 2014.

QUEIRÓZ, G. R.; SCHIMANIAK, N. K.; SANTOS, J. C. P.; GRIGOLETTI, G. C. Autodesk Revit como ferramenta BIM aplicada à simulação térmica de edificações. Revista de Arquitetura IMED, v. 4, n. 2, p. 33–41, 2015.

QUEIRÓZ, G.; SANTOS, J.; GRIGOLETTI, G. Estudo das exportações de modelos digitais produzidos no Autodesk Revit para simulações de edificações no Energy Plus. In: ANTAC (org.); Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, p.4975–4990, 2016. Porto Alegre.

SHABUNKO, V.; LIM, C. M.; MATHEW, S. EnergyPlus models for the benchmarking of residential buildings in Brunei Darussalam. Energy and Buildings, 2016.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, L. S. S.; GHISI, E. Decision-making process for improving thermal and energy performance of residential buildings: A case study of constructive systems in Brazil. Energy and Buildings, v. 128, p. 270–286, 2016.

UGLIOTTI, F. M.; DELLOSTA, M.; OSELLO, A. BIM-based Energy Analysis Using Edilclima EC770 Plug-in, Case Study Archimede Library EEB Project. Procedia Engineering. v. 161, 2016.

YANG, J.; FU, H.; QIN, M. Evaluation of Different Thermal Models in EnergyPlus for Calculating Moisture Effects on Building Energy Consumption in Different Climate Conditions. Procedia Engineering, v. 121, p. 1635–1641, 2015.

YU, S.; CUI, Y.; XU, X.; FENG, G. Impact of Civil Envelope on Energy Consumption based on EnergyPlus. Procedia Engineering, v. 121, p. 1528–1534, 2015.

YUNG, P.; WANG, X. A 6D CAD model for the automatic assessment of building sustainability. International Journal of Advanced Robotic Systems, v. 11, n. 1, 2014.

EURO ELECS 2017

SEGURANÇA, MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE

REALIZAÇÃO: UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

PROMOÇÃO: ANTAC

APOIO / PATROCÍNIO: CAPES, CNPq, FAPERGS, CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul INTEGRANDO PROFISSIONAIS E SOCIEDADE

SUMÁRIO

9. ACESSIBILIDADE EM ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS: FERRAMENTA PARA A INCLUSÃO URBANA SUSTENTÁVEL 1819

31. PLANO DE ACESSIBILIDADE: METODOLOGIA, DIAGNÓSTICO E PROPOSTA PARA O CAMPUS GOIABEIRAS - UFES 1829

39. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE ESPACIAL (PAE) – FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL 1839

40. URBANISMO TÁTICO E SUSTENTABILIDADE: EXPERIÊNCIAS TÁTICAS NO FOMENTO AO TRANSPORTE ATIVO 1849

65. BICICLETAS COMPARTILHADAS E SUSTENTABILIDADE URBANA: OS CASOS DE PASSO FUNDO, WASHINGTON E BARCELONA 1859

115. PERCEPÇÃO DOS PEDESTRES SOBRE A QUALIDADE DA MICROACESSIBILIDADE1869

127. DENSIDADE DE INTERSECÇÕES E DIVERSIDADE DO USO DO SOLO: VARIÁVEIS DE MENSURAÇÃO DA CAMINHABILIDADE EM CAMBÉ-PR 1879

170. A IMPORTÂNCIA DAS CALÇADAS PARA A ACESSIBILIDADE URBANA: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR DO IQC 1889

200. ANÁLISE DA MICROACESSIBILIDADE DO PEDESTRE EM ÁREAS CENTRAIS DE CIDADES DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE AGUDOS, SP 1897

205. ESCALA DE CAMINHABILIDADE POR MEIO DA PERCEPÇÃO DOS MORADORES: APLICAÇÃO DO NEWS (NEIGHBORHOOD ENVIRONMENT WALKABILITY SCALE) NA CIDADE DE CAMBÉ-PR 1907

332. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: A INTEGRAÇÃO ENTRE A BICICLETA E O BRT TRANSCARIOCA 1917

398. CICLISMO URBANO: POLÍTICAS PÚBLICAS E INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA EM NANTES (FRANÇA) E COPENHAGEN (DINAMARCA) 1931

448. SUSTENTABILIDADE E ESPAÇOS PÚBLICOS URBANOS: CONTRIBUIÇÕES SOBRE ASPECTOS PSICOLÓGICOS E ETÁRIOS DA ACESSIBILIDADE 1941

9. ACESSIBILIDADE EM ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS: FERRAMENTA PARA A INCLUSÃO URBANA SUSTENTÁVEL

SAVI, Aline Eyng[*1](arquiteta.alinesavi@gmail.com); HESPANHOL, Lays Juliani*[2] *(laysjulianih@hotmail.com)*
[1] Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Brasil
[2] Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A denominação pública corresponde ao latim *publicus*. Esse conceito tem se perdido nas cidades brasileiras, onde os espaços livres públicos tem escassa qualidade arquitetônica e paisagística, sendo pouco apropriados e sem identidade com os cidadãos. Estes ambientes construídos são projetados, mas não edificados, englobando ruas, pátios, praças, parques, entre outros. Eles exercem várias funções formais e funcionais, desde o lazer e a integração, até referentes à salubridade, infraestrutura da rede urbana e microclimas. Dessas funções, a social destaca-se, por proporcionar a retomada do conceito de sociedade e cidade, aumentando a qualidade de vida urbana. Logo, o suposto caráter democrático dos espaços livres precisa ser garantido para toda e qualquer pessoa, sem barreiras sociais, atitudinais e também, aquelas atribuídas ao desenho arquitetônico e paisagístico. Frente a essa realidade, é responsabilidade elaborar espaços acessíveis, que permitam a participação de todos com garantias fundamentais para inclusão urbana sustentável. Nessa abordagem, o Desenho Universal apresenta-se como uma filosofia de projeto que visa criar ambientes construídos considerando a ampla diversidade humana. O conceito amplia a discussão de projeto além das normas legais de acessibilidade. A pesquisa objetiva a caracterização e qualificação do sistema de espaços livres públicos no município de Criciúma, sul do estado de Santa Catarina. A metodologia estrutura-se em dois eixos complementares: teórico-técnico e participativo. No que tange o eixo participativo, o processo permite que o estudo mantenha uma dinâmica de troca sustentável de conhecimentos com a comunidade local, contribuindo para a vitalidade e a validação continuada de resultados. É oportuno ressaltar que a pesquisa almeja socializar o conhecimento sobre a acessibilidade espacial e a importância de um Desenho Universal que atenda os usuários para todos os agentes envolvidos, no entendimento da cidade educadora, ampliando o conceito de sustentabilidade.
Palavras-chave: acessibilidade, espaços livres, desenho universal.

ACCESSIBILITY IN PUBLIC SPACES: A TOOL FOR URBAN INCLUSION AND SUSTAINABLE.

ABSTRACT
The public space corresponds to the Latin *publicus*. This concept has been lost in Brazilian cities, where public spaces have not little architectural and landscape quality, are not appropriate and have no identity with citizens. These built environments are designed, but not built, encompassing streets, courtyards, squares, parks, among others. These spaces exert a variety of formal and functional functions, from leisure and integration, to sanitation, urban network infrastructure and microclimates. Of these functions, the social one stands out, because it provides the resumption of the concept of

society and city, increasing the quality of urban life. Therefore, the supposed democratic character of free spaces must be guaranteed for every person, without social barriers, attitudinal and also, those attributed to the architectural and landscape design. Faced with this reality, it is the responsibility to develop accessible spaces, which allow the participation of all with fundamental guarantees for sustainable urban inclusion. In this approach, the Universal Design presents itself as a project philosophy that aims to create environments built considering the wide human diversity. The concept expands the design discussion beyond the legal norms of accessibility. The research aims at characterizing and qualifying the public free space system in the municipality of Criciúma, southern Santa Catarina state. The methodology is structured in two complementary axes: theoretical-technical and participatory. Regarding the participatory axis, the process will allow the study to maintain a sustainable exchange of knowledge dynamics with the local community, contributing to the vitality and the continued validation of results. It is worth pointing out that the research aims to socialize the knowledge about space accessibility and the importance of a Universal Design that meets all users for all the agents involved, in the understanding of the educating city, broadening the concept of sustainability.
Keywords: accessibility, public spaces, universal design.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade social pode acontecer de duas maneiras pela literatura especializada: numa como tratamento normativo, empenhado em delinear o perfil da “cidade sustentável” a partir de princípios do que se entende por um urbanismo ambientalizado; e noutra como tratamento analítico, que parte da problematização das condições sociopolíticas em que emerge o discurso sobre sustentabilidade aplicado às cidades (ACSELRAD, 2001).

Para este último conceito, as cidades brasileiras não prestam o serviço de se tornarem sustentáveis quando negam ou negligenciam parte de sua sociedade. No Brasil, 17,2% da população possui algum tipo de limitação funcional (físico-motora, cognitiva e sensorial), segundo os últimos dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010. Grande parte desse universo não tem acesso e efetiva participação nas diversas atividades sociais, inclusive aquelas que acontecem em espaços livres públicos. Dificultam o uso e apropriação dos espaços da cidade as calçadas mal conservadas, sinalizadas ou com obstáculos, pisos táteis mal colocados, e outros tantos problemas.

Frente a essa realidade, é responsabilidade da sociedade e do Estado pensar os espaços públicos a partir do conceito embutido na própria denominação, que corresponde ao latim *publicus*, de todos. Aos arquitetos e engenheiros cabe elaborar espaços acessíveis que permitam a participação de todos com garantias fundamentais para a cidadania urbana através da inclusão social, dessa maneira permitindo, um dos princípios para a sustentabilidade social.

Nessa abordagem, o Desenho Universal (D.U.) apresenta-se como uma filosofia de projeto que visa criar ambientes construídos e objetos considerando a ampla diversidade humana: crianças, gestantes, idosos, pessoas com deficiência, com restrições temporárias, etc. O conceito amplia a discussão de projeto além das normas legais de acessibilidade, como a NBR 9050/2015 porque objetiva-se criar espaços acessíveis de fácil compreensão, que permitam ao usuário comunicar-se, ir e vir participando de todas as atividades que o local proporcione, sempre com autonomia, segurança e conforto.

Com o intuito de avaliar caracterização e qualificação do sistema de espaços livres públicos no município de Criciúma, sul do estado de Santa Catarina no que tange a acessibilidade espacial. Para alcançar tal objetivo empregaram-se distintas ferramentas metodológicas dentre as quais se

destaca o método dos “Passeios Acompanhados”, que será apresentado nesse artigo. Esse método participativo foi aplicado em pesquisa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) intitulada: “Acessibilidade para todos em espaços livres públicos”.

2. ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS

O espaço urbano é formado por ambientes construídos – áreas edificadas por residências, indústrias, comércio, serviços e arquiteturas institucionais, além dos espaços destinados às circulações de pessoas e veículos e dos resquícios não edificados definidos como “espaços livres de construção” (LIMA *et al.,* 1994), são: quintais, jardins, ruas, avenidas, praças, parques, rios, matas, mangues, praias urbanas, ou simples vazios urbanos (MAGNOLI, 1982). A localização, acessibilidade e distribuição dessas estruturas formam um complexo sistema de conexões com múltiplos papéis urbanos, porque são vários os seus usos - atividades do ócio, circulação urbana, conforto, conservação e requalificação ambiental, drenagem urbana, imaginário e memória urbana, lazer e recreação, dentre outros. Registra-se que no caráter desses espaços livres pode ser público ou privado (MACEDO; CUSTÓDIO, *et. al*., 2009).

A caracterização do sistema de espaços livres públicos urbanos de uma cidade passa por questões como a identificação dos elementos predominantes, localização, distribuição, acessibilidade física e simbólica, complementaridade, interdependência, hierarquia, conectividade e articulação entre eles; além de aspectos como o formal e o funcional. Nessa classificação, os espaços livres públicos podem ser divididos pelos valores: estéticos/simbólicos, ambiental e recreativo (ROBBA; MACEDO, 2004).

Dessas funções, a social destaca-se por proporcionar a retomada do conceito de sociedade e cidade, aumentando para a qualidade de vida urbana. Logo, o suposto caráter democrático dos espaços livres públicos precisa ser garantido para toda e qualquer pessoa, sem barreiras sociais, atidudinais e também, aquelas atribuídas ao desenho arquitetônico e paisagístico, que são físicas e informativas.

3. ACESSIBILIDADE E DESENHO UNIVERSAL

A acessibilidade é um conceito amplo que supera o senso comum da simples necessidade de uma rampa. O ambiente acessível é aquele que permite o deslocamento, a comunicação e a orientação dos usuários, exercendo as atividades que esse espaço proporciona com segurança, conforto e autonomia, atendendo às diferentes capacidades (DISCHINGER *et. al*., 2006). Para alcança-la, é necessário que coexistam quatro componentes: deslocamento, orientação espacial, uso e comunicação, de maneira que a ausência de apenas um deles afeta o acesso integral, como apontam Dischinger, Bins Ely e Borges (2009).

O deslocamento envolve a possibilidade de movimento ao longo de trajetos e supõe a ausência de barreiras físicas que impeçam a realização de atividades de forma independente como um poste no meio do percurso. A orientação, por sua vez, traduz o conhecimento de onde se está e para onde ir a partir do desenho arquitetônico e de informações indispensáveis que esclareçam, como placas ou sinais sonoros. No uso emerge a possibilidade de exercício das atividades de forma independe, considerando as diferenças e sem a necessidade de um conhecimento prévio. A comunicação diz respeito à possibilidade de troca de informações entre pessoas e com os equipamentos.

Para alcançar esse conceito amplo de acessibilidade adota-se o Desenho Universal que consiste numa visão de projeto que desenvolve objetos, ambientes e edificações levando em consideração esta diversidade, desde os estudos preliminares do projeto (DISCHINGER *et. al*., 2006). O objetivo

principal é disponibilizar, a partir de um desenho de qualidade, o fácil entendimento sobre o uso (legibilidade), a segurança, e o conforto para todos. Logo não significa conceber espaços especiais para pessoas especiais, mas sim, dotar o espaço de qualidades que beneficiem a todos. Este conceito é a ferramenta que leva à acessibilidade, porque permite "[...] poder chegar a algum lugar de forma independente, segura e com o mínimo de conforto; entender a organização e as relações espaciais que este lugar estabelece, e participar de todas as atividades que ali se desenvolvem fazendo uso dos equipamentos disponíveis" (DISCHINGER *et. al*., 2006). Dessa maneira, é condição essencial para cidadania urbana.

4. SUSTENTABILIDADE SOCIAL

O conceito de sustentabilidade social tem diferentes abordagens teóricas, que se alteraram durante os últimos trinta anos. Nesse período, relacionou-se a uma série de elementos para a melhoria da qualidade de vida, o alcance da democracia e dos direitos humanos, sem que isso afete as relações de propriedade ou apropriação dos recursos, bem como as relações sociais de produção. Tal conceito visa ressaltar a importância da participação social e do aumento das potencialidades e qualidades das pessoas na construção de um futuro mais justo. Estas ações devem diminuir as desigualdades sociais, ampliar os direitos e garantir acesso aos serviços públicos, que visam possibilitar as pessoas acesso pleno à cidadania.
Silva (1995) corrobora afirmando que a sustentabilidade social está baseada num processo de melhoria na qualidade de vida da sociedade, pela redução das discrepâncias entre a opulência e a miséria, por meio de diversos mecanismos. Esses mecanismos podem ser: nivelamento do padrão de renda, acesso a educação, moradia e alimentação, entre outros inclusive permitindo acessibilidade espacial aos ambientes construídos.

5. METODOLOGIA

A pesquisa iniciou com visitas exploratórias ao recorte, em busca de caracterizar quais eram os espaços livres. Em paralelo foram elaborados materiais cartográficos acerca do tema. Nesse recorte de estudo com extensão de 19,60km2, que corresponde a 8,36% do território municipal, constatou-se que os espaços livres públicos se reduzem às áreas de recuperação ambiental, resultado da mineração de carvão a céu aberto e às vias de ligação (ruas, avenidas, etc.). No que tange a acessibilidade física e informativa dos espaços livres públicos, é perceptível que os maiores problemas estão na infraestrutura e o mobiliário urbanos através: da ausência de passeios públicos, ou sua má conservação e execução (Figura 01); falta de calçamento nas vias públicas (Figura 02); ineficácia ou ausência dos instrumentos de informação; falta de mobiliário urbano (como lixeiras e paradas de ônibus); escassez de espaços públicos de lazer (como praças e parques). Em razão dessa caracterização a pesquisa definiu como recorte de estudo os passeios públicos. Afinal os problemas ali encontrados corroboram para que a cidade seja hostil nas questões de acessibilidade e dessa maneira faça o caminho inverso da inclusão, da cidadania urbana.

Figura 01. Rua do recorte da Grande Santa Luzia, com a falta de padrão ou ausência de passeio.



Fonte: GoogleEarth, 2016.

Figura 02. Rua do recorte da Grande Santa Luzia, com a falta de acessibilidade em esquina.



Fonte: GoogleEarth, 2016.

Para identificar a ambiência urbana foram considerados os critérios de: segurança, mobiliário urbano, acessibilidade, conectividade, escala do pedestre, complexidade, sustentabilidade e resiliência climática, através de uma série de fichas técnicas, croquis de auxílio e pontuação nos passeio públicos de cada um dos critérios. A aplicação foi feita num amostra do recorte que foi escolhida pela representatividade urbana, servindo de centralidade e possuindo maior número de equipamentos públicos.

A fim de aprofundar as informações acerca da acessibilidade nos passeios públicos, foi utilizada a metodologia dos Passeios Acompanhados (DISCHINGER, 2000). O método possibilita mapear as condições reais de uso do espaço por parte do usuário, de forma a identificar, no exato momento em que ocorrem as atividades, os aspectos positivos e negativos do ambiente construído. As etapas metodológicas consistem na realização de passeio no local de estudo acompanhando pessoas que possuam algum tipo de deficiência ou restrição relevante para a pesquisa. O roteiro é previamente definido pelo grupo pesquisador. No percurso, os pesquisadores não devem ajudar ou conduzir o participante convidado, a não ser que haja solicitação ou eminente perigo, como condição de não interferir nos resultados obtidos (PADARATZ; BINS ELY; DISCHINGER, 2005). Ao verbalizar as ações, o participante convidado compartilha com os pesquisadores que o acompanham as decisões tomadas durante o percurso e os fatores que as motivaram. Dessa forma, a vivência real permite resultados mais precisos do que simples informações ou simulações. As conversas são gravadas e os pontos relevantes são transcritos. Os eventos significativos são fotografados e localizados em mapas sintéticos dos percursos.

Na presente pesquisa o uso do Passeio Acompanhado demanda número expressivo de convidados, uma vez que os espaços livres públicos exigem soluções universais para os problemas de acessibilidade de uma gama variada de usuários. Neste artigo, será apresentado o passeio

acompanhado com o cadeirante, todavia a pesquisa ainda está em andamento e o mesmo percurso estabelecido para o cadeirante será aplicado para convidados idosos, deficientes visuais, mães com carrinho de bebê e pessoas com algum tipo de restrição motora temporária (por exemplo: uso de bengala).
Com os passeios caracterizados, foi definida a rota que se inicia num ponto de ônibus, percorre via públicas e termina junto à escola pública municipal do bairro (Figura 03), num total de 250 metros. Tal delimitação percorre uma rota em que são percebidos os problemas de acessibilidade comuns do recorte, sendo eles: falta de calçamento ou de padrão nos passeios, falta de elementos de acessibilidade física e informativa, colocação equivocada de infraestrutura e mobiliário urbano.

Figura 03. Percurso adotado no passeio acompanhado.



Fonte: GoogleEarth, 2016.

O convidado do Passeio possui paralisia dos membros inferiores em razão de acidente de automóvel aos dezenove anos. Apesar do preparo físico do participante é notório o esforço feito ao longo do percurso que tem suave inclinação, que agrava ainda mais a ausência de recurso de acessibilidade. Registra-se que o participante já conhecia o percurso, de atividade anterior, permitindo que houvesse estratégias do mesmo para evitar grandes esforços e até mesmo perigo em algumas travessias. No trajeto constataram-se as barreiras físicas, como faltas de rampas e o descuido na manutenção dos passeios públicos (Figura 04).

Figura 04. Percurso adotado no Passeio Acompanhado.



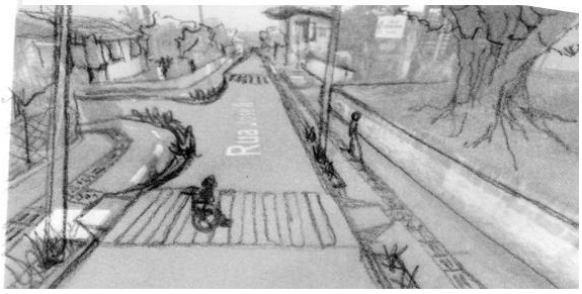
Fonte: Ana Paula Albuquerque, 2016.

6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Como resultado apresentam-se alguns croquis que ilustram a partir do cenário real encontrado, soluções projetuais universais elaboradas pelos pesquisadores. Registra-se o fato de que cada morador ou proprietário ser responsável pela pavimentação em frente ao seu lote, faz com que não haja uma padronização das calçadas, e desta forma, há diferentes pavimentos em diferentes níveis e mobiliário urbano em locais impróprios, que tornam as calçadas um local inseguro e desconfortável, impedindo que pessoas com alguma dificuldade de locomoção transitem normalmente. São raras as calçadas que apresentam boas condições, principalmente nas áreas de intenso fluxo de pedestres.

As soluções propostas em croquis, além de contemplarem as exigências da NBR 9050/2015, buscam qualificar os ambientes, atribuindo-lhes segurança e conforto. Segue alguns exemplos dos diferentes espaços livres públicos encontrados e com as respectivas soluções de acessibilidade, visando alcançar orientação/informação, deslocamento, uso e comunicação. Na Figura 05, há a ilustração de passeios de um espaço público, onde a diferenciação de pisos torna a circulação acessível a todos. Há ainda, a presença de vegetação, importante elemento na configuração dos espaços abertos. Os pisos diferentes permitem o movimento livre e seguro ao usuário, o piso guia indica o percurso e o alerta impõem segurança, ambos contribuem para independência no uso dos espaços livres públicos da cidade. A regularidade do piso e a dimensão do passeio público também permitem que o deslocamento do cadeirante seja livre de obstáculos, através da criação de uma faixa exclusiva para o mobiliário urbano.

Figura 05. Rua do recorte da Grande Santa Luzia, com o tratamento os recursos de acessibilidade.



Fonte: GoogleEarth, 2016.

A apresentação dos resultados através de croquis sobre imagens reais tem a função didática de compartilhamento com a comunidade, através de cartazes afixados no recorte. Tal recurso permite a fácil compreensão e especialmente, a ambiência urbana reconhecida permite despertar consciência nos cidadãos. A adoção dessa postura de apresentação dos resultados da pesquisa responde aos princípios de “cidade educadora” que permite discutir o que cada território tem a ensinar e como é possível intervir para melhor transforma-lo, tornando a inclusão urbana efetivamente sustentável.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cidades brasileiras contam com uma série de contradições espaciais, entre elas a acessibilidade física e informativa. O resultado é que uma parcela importante da sociedade fica isolada, contribuindo para processos de segregação social. Tal situação em nada se aproxima da definição holística de sustentabilidade social. A busca de cidades “sustentáveis” inscritas no metabolismo de fluxos e ciclos de matéria-energia, simbiótica e holística deve remeter à pretensão de promover uma

conexão entre todos os agentes em prol da cidadania, entre eles permitir acesso a todos os ambientes construídos e especialmente, aos espaços livres públicos. Dessa maneira, para efetivamente promover sustentabilidade social é importante que os espaços livres públicos considerem a diversidade de seus usuários, garantindo a todos a acessibilidade por meio do acesso à informação, deslocamento, uso de equipamentos e comunicação.

Na pesquisa, o emprego do método "Passeio Acompanhado" permite confirmar e aprofundar a avaliação do problema no recorte estudado. Além de avaliar a vivência dos espaços e a realização de atividades pelos usuários, gerando dados concretos, com propostas para a comunidade referentes à acessibilidade espacial. O método permite ainda a sensibilização dos envolvidos para o tema, num olhar menos tecnicista e mais sensível à questão.

Registra-se a importante relevância social, devido ao contexto da sociedade brasileira ser marcada por graves desigualdades em relação ao acesso e uso dos espaços livres públicos pelas pessoas com deficiência. Considera-se que a consciência ética e a responsabilidade profissional devem conduzir a busca de qualidade e adequação dos espaços livres públicos de forma social e democrática.

A abordagem metodológica de apresentação dos resultados em dois eixos complementares: teórico-técnico e participativo permite que o estudo mantenha uma dinâmica de troca sustentável de conhecimentos com a comunidade local. Essa postura apoia-se nos conteúdos temáticos trazidos por Alexander (1978), Patrício (2005) e Siervi (2014), resgatando a perspectiva conceitual de "cidade educadora", como uma unidade que se constrói simultaneamente dentro do processo de ensinar-aprender cidadania, dessa maneira concretizando o conceito de sustentabilidade social. Corroborando com Gadotti (2002), a cidade, além de ser educadora, é também educanda; portanto, é preciso educar a cidade por meio de uma educação para a cidadania.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTIVE DESIGN: SHAPING THE SIDEWALK EXPERIENCE. Disponível em: <https://www1.nyc.gov/assets/planning/download/pdf/plans-studies/active-design-sidewalk>. Acesso em 15 dez. 2016.

ACSELRAD, H. Sentidos da sustentabilidade urbana. In: ACSELRAD, H. (Org.). A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. p. 27-55.

ALEXANDER, Christopher. Urbanismo y participación. El caso de la Universidad de Oreg n Gustavo Gili, Barcelona, 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

DISCHINGER, Marta; BINS ELY, Vera Helena Moro; BORGES, Monna Michelle F. C. Manual de Acessibilidade Espacial para Escolas: o direito à escola acessível. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2009.

DISCHINGER, Marta; et. al. A importância do desenvolvimento de métodos de avaliação de acessibilidade espacial – estudo de caso no Colégio de Aplicação – UFSC. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo - NUTAU. São Paulo: USP, 2006.

DISCHINGER, Marta. Designing for all senses: accessible spaces for visually impaired citizens. Göteborg, Suécia, 2000. – Department of Space and Process, School of Architecture, Chalmers University of Technology.

GADOTTI, Moacir. Município que educa: História, conceitos e fundamentos. Rede Social Município que Educa. São Paulo: Instituto Paulo Freire. 2009.

MACEDO, Silvio S.; CUSTÓDIO, Vanderli et. al. Os sistemas de espaços livres da cidade contemporânea brasileira e a esfera de vida pública: considerações preliminares. In: Encúentro de Geógrafos de América Latina, 12º, 2009, Montevideo. Anais do XII EGAL, 3- 7 abril. Montevideo: Universidad de la República, 2009. p. 1-12.

MAGNOLI, Miranda. Espaços livres e urbanização. Tese (Livre-docência) – FAUUSP, São Paulo, 1982.

LIMA, A. M. L. P.; et. al. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: Congresso Brasileiro sobre Arborização Urbana, II; Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, Anais... São Luís: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1994. p. 539-553.

PADARATZ, Rejane; BINS ELY, Vera Helena M.; DISCHINGER, Marta. Acessibilidade e inclusão no ensino para melhoria da qualidade de vida urbana. Anais do 1º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável.São Paulo: USP, 2005.

PATRÍCIO, Z. M. Introdução à prática de pesquisa socioambiental. Apostila. Curso de especialização em Gestão de Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC, 2005. 102p.

ROBBA, F.; MACEDO, S. S. Praças Brasileiras. Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia, Rio Claro, v. 2, jul.-dez. – 2004. p.87-88.

SIERVI, Elizabeth M. C. de. Instrumentos de levantamento e tratamento de dados para apoio ao processo projetual de arquitetura e urbanismo: subsídios teórico-metodológicos. Pesquisa de Pós Doutorado - Relatório Circunstanciado. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2014.

SILVA, J.A. Direito ambiental constitucional. 2. ed. São Paulo: Malheiros, 1995. 243 p.

31. PLANO DE ACESSIBILIDADE: METODOLOGIA, DIAGNÓSTICO E PROPOSTA PARA O *CAMPUS* GOIABEIRAS - UFES

SALVALAIO, Renata Cerqueira do Nascimento[1](renata.salvalaio@ufes.br); VIEIRA, Juliana Amaral Dias[1] (juliana.ama.dias@hotmail.com); HÜLLE, Laryssa Teixeira de Aquino[1](laryssahulle@gmail.com)*

[1]Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

Este artigo refere-se aos resultados obtidos no desenvolvimento do Plano de Acessibilidade do *campus* Alaor de Queiroz Araújo – denominado *Campus* de Goiabeiras –, da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado em Vitória – ES. O objetivo da pesquisa foi testar a metodologia de diagnóstico adotada e, posteriormente, desenvolver soluções visando eliminar barreiras que impeçam a acessibilidade plena dos usuários do *campus*. A estratégia aplicada foi identificar, quantificar e qualificar os problemas de acessibilidade encontrados na Ufes, por meio das técnicas da Metodologia de Avaliação Pós-Ocupação, sendo essa dividida em duas etapas: a avaliação técnica - com registro fotográfico e preenchimento de planilhas de avaliação com anotações do observado - e a aplicação de questionários de satisfação junto ao público que utiliza os acessos, percursos e estacionamentos, seja esse público interno ou externo e com ou sem deficiência. Os dados obtidos foram analisados constatando-se que as condições dos acessos, trajetos e estacionamentos internos do *campus* Goiabeiras comprometem a mobilidade do usuário, demonstrando deficiências de natureza diversa. Considerando que a universidade deve ser responsável pela inclusão e equiparação de oportunidades para todas as pessoas, independentemente da existência de limitações de mobilidade, os resultados obtidos contribuem para o desenvolvimento de um documento técnico para adequar e normatizar as intervenções e novas construções à plena acessibilidade, bem como contribuir na elaboração do Plano de Acessibilidade do *campus.*

Palavras-chave: Acessibilidade; Avaliação; Mobilidade.

ACCESSIBILITY PLAN: METHODOLOGY, DIAGNOSIS AND PROPOSAL FOR THE CAMPUS GOIABEIRAS - UFES

ABSTRACT

This paper refers to the results obtained in the development of the Accessibility Plan for Alaor Queiroz Araujo campus, of the Federal University of Espírito Santo, located in Goiabeiras, Vitória - ES. The strategy applied was to identify, quantify and qualify the problems of accessibility found in Ufes through the techniques of the Post-Occupancy Evaluation methodology, this is being divided into two stages: a technical evaluation - with photographic record and evaluation sheets with notes of what was observed - and the application of the public satisfaction surveys with the users of the access, pathways and parking lots, considering internal or external public and with or without disability. From the post-occupancy evaluation the results were analyzed and it was found that the conditions of access, paths and internal parking of the Goiabeiras campus compromises the user mobility, demonstrating deficiencies of many kinds. Considering that the university should be

responsible for the inclusion and equality of opportunities for all people, irrespective of mobility limitations, the results contribute to the development of a technical document to adjust and standardize interventions and new construction for full accessibility, as well as contribute to the development of the Accessibility Plan for this and other college campi.
Keywords: accessibility; evaluation; mobility.

1. INTRODUÇÃO

A promoção da acessibilidade ao meio físico permite aos indivíduos interagir com o espaço construído, garantindo a inclusão e a equiparação de oportunidades para todas as pessoas, independentemente da existência de limitações de mobilidade. Dentro dessa perspectiva inclusiva, as instituições de ensino possuem papel relevante na garantia de igualdade nas condições de acesso e permanência.

As universidades se configuram como espaços de produção de conhecimento e sociabilização. Para Mazzoni (2001), a Universidade é considerada um espaço privilegiado para que ocorra a acessibilidade, uma vez que envolve a formação de distintas categorias de profissionais e, principalmente, em razão do efeito multiplicador das condições de acessibilidade que adota, pois funcionam como um modelo para outras instituições de ensino. No entanto, alguns *campi* ainda possuem locais inacessíveis a uma grande parcela da população, cujo uso é dificultado pela presença de inúmeras barreiras, sejam elas arquitetônicas, de comunicação ou atitudinais.

A discussão sobre inclusão nos espaços públicos de ensino vem sendo intensificada e ganhando espaço desde a década de 80 do século passado. O Decreto nº 5.296/2004, que regulamenta a Lei nº 10.048/2000 e a Lei nº 10.098/2000, estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida.

Mais recentemente, a Lei nº 13.146/2015 estabeleceu o Estatuto da Pessoa com Deficiência, com o objetivo de assegurar e promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais ao deficiente, visando a sua inclusão social e cidadania (BRASIL, 2015). O Estatuto inclui na sua redação os valores de independência, participação social e igualdade de oportunidades.

Segundo o IBGE (2010), 23,9% da população brasileira possuem ao menos um tipo de deficiência, podendo ser visual, auditiva, motora, mental ou intelectual. A tendência é de que, cada vez mais, esses indivíduos passem a ingressar no ensino superior. Dados do Censo Escolar (PORTAL BRASIL, 2012) demonstram que a quantidade de matrículas de pessoas com deficiência na educação superior aumentou 933,6% entre 2000 e 2010. E as instituições de ensino ainda não possuem estrutura de acessibilidade para receber esses estudantes de forma plena.

No âmbito da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), a abordagem da acessibilidade vem sendo feita de forma fragmentada, e essas ações pontuais não são capazes de atender de forma satisfatória e rápida às demandas apresentadas. Para Santos et al. (2015), uma resposta efetiva requer um planejamento de ações intensivas. As ações não devem trazer benefícios isolados, mas devem estar envolvidas numa coordenação sistemática de planejamento estratégico. Dentro dessa perspectiva, a Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento Institucional (Proplan) incluiu em suas demandas a necessidade do desenvolvimento do Plano de Acessibilidade do *Camp*us, enquanto Plano Complementar do Plano Diretor Físico, buscando traçar estratégias e ações em acessibilidade que atenda a comunidade universitária, tendo em vista que a Ufes apresenta aproximadamente 145 pessoas com algum tipo de deficiência, dentre eles 123 discentes e 22 servidores.

O primeiro Plano Diretor Físico (PDF) do *Campus* Alaor de Queiroz Araújo, datado de 1977, teve como objetivo ordenar a expansão dos espaços construídos da Universidade, estabelecendo critérios e parâmetros para seu desenvolvimento, bem como a disponibilidade de áreas e a infraestrutura necessária de acordo com o uso e ocupação do solo. No entanto, com o passar dos anos, as construções foram implantadas fora do planejamento e dos parâmetros estabelecidos.
Com o programa de Expansão das Universidades Federais (Reuni), instituído pelo Decreto nº 6.096/2007, a Universidade estimou um incremento de 20% na sua área construída em apenas 5 anos, o que reforçou a necessidade de elaboração de um novo Plano Diretor. Foi desenvolvida uma nova versão no ano de 2008, passando a orientar sobre as novas construções e intervenções a serem realizadas, incluindo os edifícios previstos no Reuni. Em 2015 iniciou-se uma nova revisão do PDF, de modo a adequar-se ao Plano Diretor Urbano da Cidade de Vitória, bem como às necessidades geradas em função da construção e ampliação de edificações e novas demandas de espaço físico.
Dessa forma, necessitou-se desenvolver Planos Complementares, tratando de assuntos que até então não tinham sido trabalhados. Diante disso e da urgência em se debater o tema e implementar ações efetivas de acessibilidade dentro da Ufes, definiu-se como prioritário o desenvolvimento do Plano Complementar de Acessibilidade para o *campus* Goiabeiras, com o objetivo de tornar a Ufes uma instituição inclusiva e diversa, capaz de garantir a integração de pessoas com deficiência à vida acadêmica, de acordo com as diretrizes do seu Plano Diretor Institucional (UFES, 2015).
Como parte desse plano, a presente pesquisa buscou identificar barreiras arquitetônicas existentes nos trajetos do *campus*, com o objetivo de subsidiar estratégias de melhoria da qualidade de vida e acessibilidade dos espaços. Trata-se de um mapeamento, uma vez que não existia estudo prévio sobre o nível de dificuldade e barreiras arquitetônicas existentes. A proposta é de que, no futuro, o mesmo diagnóstico seja realizado para os demais *campi* e para as edificações em geral.

2. OBJETIVO

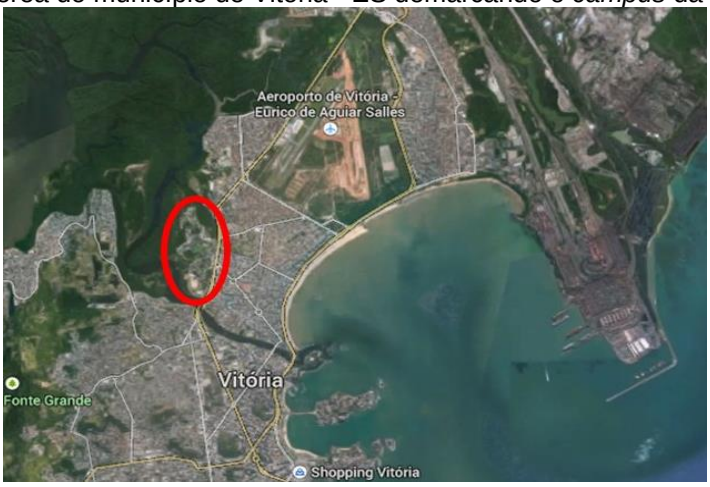
O sistema de circulação de pedestres representa importante parcela do ambiente construído e é grande responsável pelo deslocamento dentro da Universidade, fundamental à mobilidade. Nesse sentido, os passeios e passarelas são importantes elementos de circulação. O objetivo desta pesquisa foi avaliar e categorizar as passagens externas às edificações e os acessos ao *campus* Goiabeiras/Ufes, a fim de embasar propostas de intervenção e diretrizes que assegurem a acessibilidade.
Acredita-se que a dificuldade de acesso e deslocamento desestimula as pessoas com dificuldade de locomoção a ingressar ou permanecer na universidade. Além disso, entende-se que a acessibilidade no espaço construído atua como um sistema de inclusão, afim de tornar o espaço para os indivíduos mais autônomos, independentes e seguros. Esses são os princípios que regem o conceito de desenho universal e a NBR 9050:2015, norma utilizada como referência para o levantamento técnico e diagnóstico desenvolvidos nessa pesquisa. Assim, testou-se na metodologia desenvolver soluções visando eliminar barreiras arquitetônicas que impeçam a acessibilidade plena dos usuários do *Campus* de Goiabeiras da Ufes.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O *campus* Alaor de Queiroz Araújo, ou *Campus* Goiabeiras, está localizado no bairro Goiabeiras, na capital Vitória. Foi criado em 1966, ocupando uma área de 1.565.298,66m², que atualmente comporta 149.227,61m² construídos, distribuídos em 165 edificações (Figura 1). Estima-se que 22

mil pessoas circulem pelo *campus* diariamente, entre alunos, servidores e visitantes, conformando um público bastante diversificado.

Figura 1. Imagem aérea do município de Vitória - ES demarcando o *campus* da Ufes em Goiabeiras.



Fonte: Google Earth.

Apesar da amplitude territorial do *campus*, optou-se por não realizar um recorte geográfico que restringisse a área de estudo, considerando toda a sua extensão como objeto de pesquisa. Decidiu-se, então, testar a metodologia de análise no levantamento e diagnóstico da situação da acessibilidade nos acessos e calçadas entre os edifícios, sendo estes apresentados na última versão do PDF como os meios de deslocamento mais utilizados dentro da Ufes. Dessa forma, os percursos devem configurar caminhos que possuam dimensões e características adequadas, evitando a existência de obstáculos que dificultem a utilização, em especial para aqueles que possuem mobilidade reduzida.

Para avaliar a acessibilidade interna do *campus* foi realizada uma pesquisa de caráter investigatório, identificando, quantificando e qualificando os problemas de acessibilidade encontrados no *campus*. Adotou-se o método de Avaliação Pós Ocupação (APO), que pressupõe um processo interativo, estruturado e rigoroso de avaliação do desempenho do ambiente construído, visando aferir e estabelecer diagnósticos a partir da opinião de especialistas e da identificação dos níveis de satisfação dos usuários dos ambientes (ABIKO e ORNSTEIN, apud CAVALCANTE, 2013). Foi realizado um levantamento técnico com registro fotográfico e identificação das conformidades/inconformidades.

A APO foi dividida em 3 etapas: avaliação técnica através das planilhas de *checklist*; aferição da satisfação do usuário através da aplicação de questionários; e análise de dados coletados.

3.1 Avaliação técnica através das planilhas de *checklist*

A primeira etapa de trabalho se desenvolveu através do levantamento e análise técnica dos passeios segundo as especificações da NBR 9050:2015. A área foi dividida em 20 blocos, de acordo com os centros de ensino, serviços e setor administrativo, identificando os trechos a serem analisados.

Iniciou-se a análise através de visitas *in loco,* utilizando um *checklist* para avaliação. A elaboração da planilha teve como referência, além da NBR 9050 e orientações contidas no manual do Ministério Público de Santa Catarina (DISCHINGER et al., 2012). O *checklist* contém itens que vão desde

dados de registro (descrição e localização) até dados técnicos observados em cada percurso (estado de conservação da estrutura e do piso, adequação da largura, segurança, existência de rampas e escadas, barreiras ambientais, existência de piso tátil direcional ou de alerta, entre outros itens).

A partir das observações, foi possível agrupar os percursos de acordo com a quantidade de alterações necessárias para torná-los adequados, classificando-os da seguinte forma:

A. ***Adequado:*** Percursos que apresentaram boa infraestrutura segundo a norma NBR 9050:2015, como a largura mínima, piso nivelado e antiderrapante, além de rampas e escadas adequadas ao uso, mesmo que em alguns casos fosse necessárias pequenas ações de manutenção;
B. ***Parcialmente adequado****:* Aqueles que carecem de pouca manutenção, como colocação de piso tátil direcional / alerta, rampas, troca do piso tátil existente para cores contrastantes, retirada de barreiras ambientais, poda de árvores ou remoção de entulhos, etc;
C. ***Inadequado****:* Passeios com péssimas condições de infraestrutura, que necessitem de grandes modificações como reconstrução total, alteração da largura, troca do piso atual, reconstrução de rampas e escadas, colocação de sinalização vertical e horizontal, entre outros.

3.2 Aferição da satisfação do usuário através da aplicação de questionários

A segunda etapa da APO envolveu a aplicação de questionário aos usuários do *campus*, na expectativa de somar percepções subjetivas e avaliação valorativa dos percursos por eles frequentados.

Em um primeiro momento, a pesquisa pretendia buscar informações apenas junto às pessoas com deficiência declarada, que exerciam atividades dentro do *campus*. Ainda que a identificação dessa real demanda justifique a necessidade de elaboração de estudos que levem a Ufes à condição adequada de acessibilidade, avaliou-se que o envolvimento dos usuários no processo de diagnóstico, além de permitir a identificação de aspectos não perceptíveis na avaliação técnica, ainda possibilitam a construção participativa e colaborativa nas soluções (ELY, 2001). Dessa forma, optou-se por ampliar o grupo de pesquisa para todos os usuários do *campus*, independente do meio de locomoção ou vínculo formal, mas que utilizem as calçadas.

O questionário foi aplicado a 160 pessoas e contou com a participação tanto de representantes da comunidade acadêmica quanto do público externo que também frequenta a universidade. Sua estrutura foi desenvolvida a partir de questões objetivas, que buscavam identificar o perfil do respondente e avaliar aspectos como sinalização, condição dos acessos, pavimentação, existência de obstáculos, condições e declividade de rampas e o conforto percebido ao longo dos trajetos mais utilizados. Verificou-se também as condições de acesso e atendimento especial, quando necessário, nas principais edificações de uso comum.

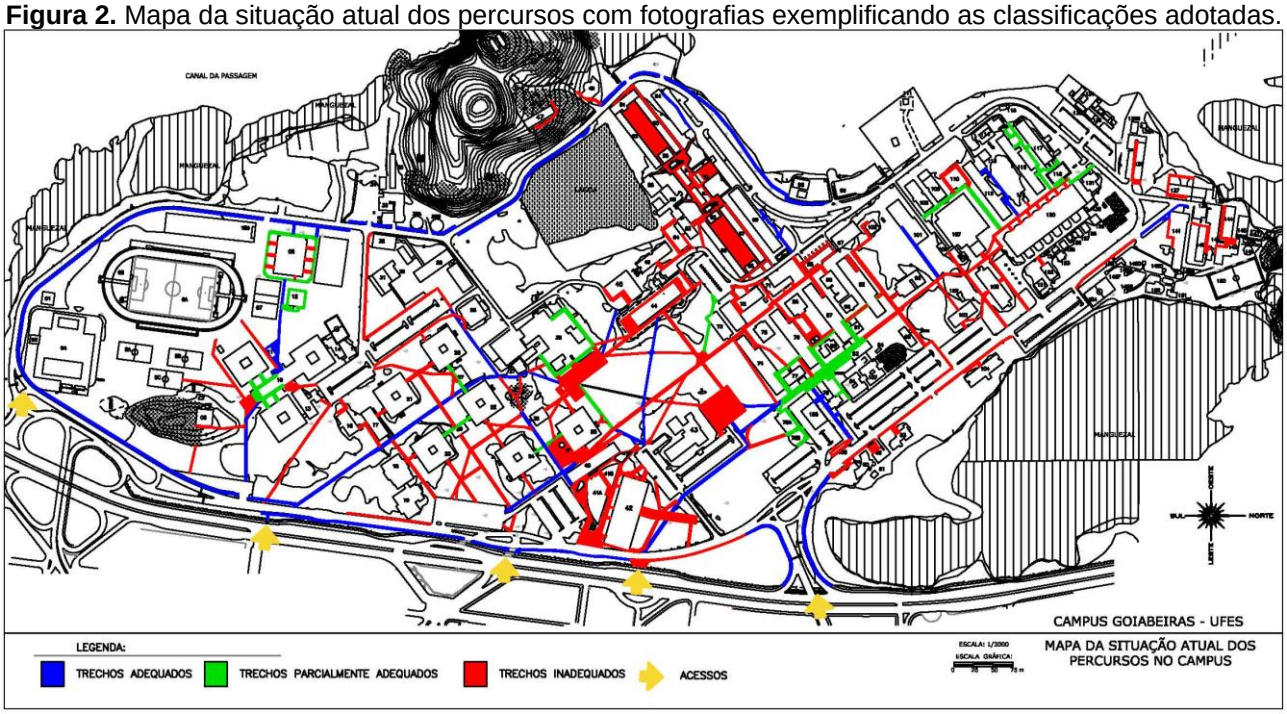
O questionário foi aplicado em horários variados, ou seja: pela manhã, por volta das 9h; próximo ao intervalo do almoço, entre 12h e 13h; e na parte da tarde, geralmente por volta das 16h, que são os períodos de maior movimentação na Universidade.

Este instrumento de avaliação permitiu verificar como o usuário qualifica o sistema de circulação de pedestres no *campus* e estabelecer um comparativo entre o observado pelo olhar técnico e a percepção do usuário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a sistematização de dados e análise das informações obtidas através do *checklist* (etapa 1 da APO) foi possível classificar os percursos e traduzir essas informações em um mapa da situação atual (Figura 2). Através do uso de cores, é possível identificar os trechos acessíveis ou não, conforme a classificação empregada, ou seja, adequados (nenhuma alteração); parcialmente adequados (pouca alteração) e inadequados (muita alteração).

Figura 2. Mapa da situação atual dos percursos com fotografias exemplificando as classificações adotadas.







Fonte: As autoras.

Em síntese pode-se constatar que, embora o *campus* Goiabeiras possua condições topográficas favoráveis à circulação de pedestres na maior parte das áreas ocupadas, as vias apresentam obstáculos, na maioria dos casos, problemas que se devem não apenas a projetos que desconsideram as questões de acessibilidade, mas de execução e, especialmente, manutenção dos trechos. Irregularidades no piso, rampas e escadas que não correspondem ao sugerido pelas

normas específicas, implantação de sinalização horizontal e vertical e infraestrutura inadequada, são apenas alguns dos problemas identificados.

Os percursos classificados como de muita intervenção são, em sua maioria, os de maior utilização, seja por ligarem edificações de uso comum ou por proporcionarem acesso à centros educacionais. O estudo revelou que ao longo de todo o anel viário, não há locais para travessia de pedestres ou ciclistas adequados, informação reforçada pelos respondentes dos questionários. O piso da pista de veículos, por exemplo, é extremamente irregular e não existem rebaixos de meio-fio nas calçadas para travessia das ruas. O mesmo ocorre nos acessos às áreas de estacionamento que interrompem os passeios. Isso faz com que os cadeirantes sejam obrigados a se deslocarem através de percursos mais longos (Figura 3).

Figura 3. Exemplo da transição das calçadas nos acessos aos estacionamentos com inadequações.



Fonte: As autoras.

Algumas iniciativas para promover a acessibilidade aos edifícios podem ser encontradas de maneira pontual, todavia, ainda restam muitas adequações e reformulações físicas a serem realizadas dentro do *campus*, tornando a Ufes um espaço de inclusão.

Considerando a extensão dos resultados obtidos, dado o tamanho da amostra, não foi possível descrevê-los individual e detalhadamente neste artigo. No entanto, destaca-se que, a partir dos principais acessos de pedestres do *campus*, não é possível alcançar nenhuma das edificações de forma plenamente acessível de acordo com as diretrizes estabelecidas pela NBR 9050 (Figura 4).

Figura 4. Exemplo de rampas inadequadas nos acessos e percursos de pedestres, conforme a NBR 9050.



Fonte: As autoras.

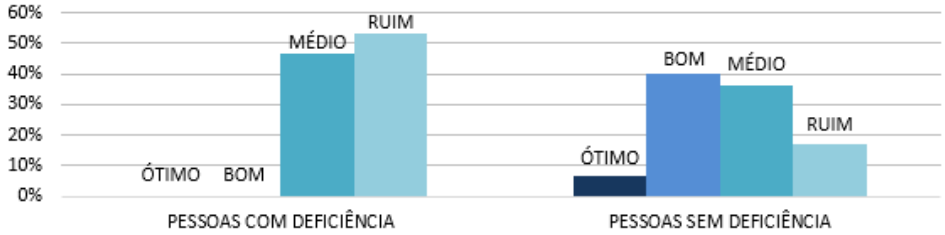
A segunda etapa da metodologia – aferição da satisfação do usuário através da aplicação de questionários – nos trouxe informações importantes para a definição de estratégias de ação em nível institucional. Apesar das respostas não terem sido aplicadas diretamente na construção do mapa, uma vez que o entrevistado respondia apenas em relação ao seu trecho de utilização mais frequente, as mesmas serviram para confirmar dados identificados no levantamento.

Ao analisar o perfil do usuário, foi possível observar que a maioria dos entrevistados eram do sexo feminino, com idade entre 17 a 22 anos e que não possuíam deficiência. Na pequena parcela que

alegou possuir algum tipo de deficiência, obtivemos destaque para a mobilidade reduzida, seguida de da deficiência auditiva e visual.

É importante observar, no entanto, a notória diferença entre a percepção do usuário sem deficiência e da pessoa com alguma condição limitadora de mobilidade. Obstáculos que não são percebidos pelo primeiro grupo apresentam-se extremamente limitadores para o segundo. Isso pode ser observado no Gráfico 2, que apresenta um comparativo entre as respostas de pessoas que declararam ter alguma deficiência e as que declararam não possuir ao serem questionadas sobre a qualidade dos acessos e da utilização das principais edificações de uso comum do *campus* (Reitoria, Restaurante Universitário, Biblioteca Central, bancos, Centro de Vivência, Teatro Universitário). É possível perceber que, para os respondentes do primeiro grupo, as condições de acessibilidade das edificações listadas foram avaliadas como de nível médio ou ruim. Porém, para a maioria das pessoas que não apresentam qualquer deficiência, os acessos e utilização dos edifícios foram considerados como bons.

Gráfico 2. Comparativo da avaliação do acesso e utilização das principais edificações do *campus*.



Os usuários concordam no que diz respeito aos acessos ao *campus*. 89% dos entrevistados consideraram esse item ótimo ou bom na pesquisa. O mesmo não pode ser dito da sinalização viária e informativa. Ao serem questionados sobre esse item, 66% dos entrevistados consideram a mesma ruim ou média, o que demonstra grande dificuldade de localização interna dentro do espaço universitário.

Foi também enfatizado nos resultados da pesquisa com os usuários a importância da eliminação das barreiras gerada pelas atitudes e comportamento dos indivíduos, e que impedem o acesso a algum local ou o trânsito livre pelos trajetos. Isso ocorre nem sempre de forma intencional, como por exemplo, quando alguém amarra uma bicicleta no corrimão da rampa, mas pode ocorrer de modo premeditado, caracterizado quando alguém estaciona na vaga reservada para deficientes (Figura 5).

Figura 5. Exemplo de barreiras geradas pelo comportamento dos usuários.



Fonte: As autoras.

5. CONCLUSÃO

Se dentro das cidades a problemática da acessibilidade é uma realidade, no *campus* Goiabeiras não é diferente. O resultado desse trabalho buscou produzir um material de referência capaz de fundamentar um conjunto de ações de promoção e aprimoramento da acessibilidade, sendo o diagnóstico o ponto de partida para implementação de projetos que garantam a inclusão social e que sirvam de exemplo para outras instituições de ensino, bem como para outros locais da cidade. Através da pesquisa pudemos verificar que a metodologia aplicada atendeu satisfatoriamente aos objetivos propostos. Mesmo lidando com uma área física extensa, a separação dos trechos por blocos e a utilização do checklist contribuiu muito para o bom andamento do trabalho. Ao mesmo tempo, a aplicação dos questionários nos deu uma dimensão mais humana para os problemas verificados *in loco.* De maneira geral, pudemos perceber que as intervenções necessárias para oferecer melhores condições de acessibilidade aos usuários do *campus* Goiabeiras não são de grande porte, apesar do grande volume de adequações. Contudo, vale registrar que as barreiras atitudinais merecem atenção especial, com ações que ensinem a aceitar e lidar com as diferenças entre as pessoas.

Algumas ações para a implementação da acessibilidade ao meio físico da Ufes vêm sendo gradativamente realizadas ao longo dos anos, como pode ser observado na construção de passarelas e rampas. No entanto, essas medidas são dispersas e sem coordenação sistemática, além de, por vezes, apresentarem falhas na execução.

A proposta dessa pesquisa foi investigar quais as dificuldades que o espaço universitário apresenta para a garantia da acessibilidade plena, conforme a NBR 9050 e a vivência dos usuários, a fim de estabelecer as alternativas que a arquitetura pode oferecer para melhorar essa relação entre o ambiente construído e o pedestre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. Lei nº 13.146 de 06 de julho de 2015. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 de jul. 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm>. Acesso em: 8 ago. 2016.

_____.**Plano Diretor Físico**. Disponível em: <http://www2.daocs.ufes.br/anexo-i-resolu%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-302008-cun>. Acesso em: 04 ago. 2016.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma Brasileira 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaço e equipamentos urbanos.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.ufpb.br/cia/contents/manuais/abnt-nbr9050-edicao-2015.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2016.

BINS ELY, Vera H. M. **Desenho Universal:** por uma arquitetura inclusiva. Universidade Federal de Santa Catarina. Grupo PET/Arq/SUSu. Florianópolis, 2001.

BRASIL. Decreto Federal nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 de dez. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm>. Acesso em: 8 ago. 2016.

CAVALCANTE, Elaine Mabel Alves. **Acessibilidade e inclusão em IFES**: identificação de barreiras arquitetônicas em ambiente universitário. 2013. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Instituto de Tecnologia, Universidade do Pará, Pará. 2013. Disponível em: <http://www.ufpa.br/ppgec/data/producaocientifica/Dissertacao-Mabel-2013.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2016.

DISCHINGER, Marta; BINS ELY, Vera Helena M.; PIARDI, Sonia M. D. G. **Promovendo acessibilidade espacial nos edifícios públicos:** Programa de Acessibilidade às Pessoas com Deficiência ou Mobilidade Reduzida nas Edificações de Uso Público. Florianópolis: MPSC, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>. Acesso em: 08 ago. 2016

MAZZONI AA, TORRES EF, OLIVEIRA R, ELY VHMB, ALVES JBM. Aspectos que interferem na construção da acessibilidade em bibliotecas universitárias. *Ciência da Informação*. 30(2), 2001.

PORTAL BRASIL**. Matrículas de pessoas com deficiência em universidades cresceram 933% em dez anos.** Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/educacao/2012/10/ensino-superior-do-brasil-tem-recorde-de-matriculas-nos-ultimos-anos>. Acesso em: 5 ago. 2016

SANTOS, Denise Vaz de Carvalho (et al). **Projeto Campus Acessível:** desafios para a acessibilidade em uma universidade pública brasileira. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, XXIX., 2015. Ouro Preto. *Anais*.... Disponível em: <http://www.anpet.org.br/xxixanpet/anais/documents/AC929.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Plano de Desenvolvimento Institucional 2015-2019**. Disponível em: <http://avaliacaoinstitucional.ufes.br/sites/avaliacaoinstitucional.ufes.br/files/field/anexo/pdi_ufes-2015-2019.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2016

39. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE ESPACIAL (PAE) – FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

GENTIL, C. D. A.[1](carolgentil13@gmail.com);* [1]Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFG- Campus Jataí), Brasil
**Caroline Duarte Alves Gentil*

RESUMO
Este artigo tem como objetivo descrever as etapas que precederam a construção de um procedimento analítico denominado - *Procedimento de Análise Espacial (PAE)*, método que permite a análise da mobilidade urbana sustentável, contribuindo com ações na área do planejamento urbano que permite relacionar forma urbana e mobilidade urbana, por meio da verificação das características do espaço urbano que correlaciona os seus elementos estruturantes com o correspondente desempenho da mobilidade sustentável. Para concepção do método foram adotados dois eixos de análise: Eixo de Análise I – Forma Urbana que contém as seguintes variáveis: características da densidade urbana, característica do uso do solo urbana, vazios urbanos e característica do desenho urbano; Eixo de Análise II – Transporte e Circulação que contém as seguintes variáveis: extensão da rede de transporte público, cobertura do transporte público, vias para pedestres e extensão e conectividade de ciclovias. Para articulação dos dois eixos de análise foram utilizadas árvores de avaliação, construídas utilizando como princípio as funções lógicas da Álgebra Booleana e uma matriz de agregação que permitiu que as variáveis distribuídas nos Eixos de Análise fossem testadas, gerando como produto um Mapa Potencial de Mobilidade Sustentável, que permite visualizar as áreas com maior ou menor potencial para mobilidade sustentável.
Palavras-chave: mobilidade urbana; planejamento urbano; forma urbana.

SPATIAL ANALYSIS PROCEDURE (PAE) - TOOL FOR ANALYSIS OF SUSTAINABLE URBAN MOBILITY

ABSTRACT
This article aims to describe the steps that preceded the construction of this analytical procedure called - Spatial Analysis Procedure (PAE), a method that allows the analysis of sustainable urban mobility, contributing to actions in the area of urban planning. For the design of the method, two axes of analysis were adopted: Analysis Axis I - Urban Form containing the following variables: characteristics of urban density, characteristic of urban land use, urban voids and urban design characteristic; Axis of Analysis II - Transport and Circulation containing the following variables: extension of the public transport network, coverage of public transport, pedestrian routes and extension and connectivity of bicycle lanes. In order to articulate the two axes of analysis, evaluation trees were constructed using as a principle the Boolean Algebra logic functions and an aggregation matrix that allowed the variables distributed in the Analysis Axes to be tested, generating as a product a Sustainable Mobility Potential Map, Which allows the visualization of areas with greater or lesser potential for sustainable mobility.
Keywords: Urban mobility; urban planning; urban form.

1. INTRODUÇÃO

Antes de iniciar a discussão sobre o assunto, cabe colocar que para esta pesquisa a mobilidade urbana é definida conforme o conceito adotado pelo Ministério das Cidades (2005) “um atributo das

cidades e se refere à facilidade de deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano. Tais deslocamentos são feitos através de veículos, vias, e toda a infraestrutura (vias, calcadas, etc.) que possibilitam esse ir e vir cotidiano". O alcance da mobilidade urbana sustentável requer um olhar para as políticas públicas que, além de proporcionar o acesso amplo e democrático aos espaços urbanos, sejam também um importante instrumento para se atingir o desenvolvimento social, econômico e ambiental, de forma equilibrada, sem prejudicar o meio ambiente.

Por forma urbana se considera a expressão ou materialidade física da cidade. Os espaços da cidade podem ser revelados, por exemplo, pela investigação das áreas verdes e abertas e por meio dos índices urbanísticos (densidades, índice de ocupação, índice de aproveitamento, gabarito) previstos na legislação de ordenamento do território e pelo tipo de tecido urbano. Esses elementos caracterizadores da forma urbana levam a arranjos espaciais diferenciados, oriundos de distintos processos de ocupação do território e expansão urbana.

Ao considerar tais premissas, a pesquisa explora a compreensão de parâmetros urbanísticos associados aos aspectos da forma urbana (zoneamento, densidade, condições de parcelamentos do solo urbano, etc.) de modo a investigar como impactam na geração de viagens e deslocamentos dentro da cidade, podendo influenciar sobremaneira a mobilidade urbana sustentável.

Em função disso, foi elaborado um *"Procedimento de Análise Espacial"- PAE* que pudesse estabelecer graus de indução dos elementos da forma urbana em relação à mobilidade, tendo em conta que os mesmos não ocorrem de forma isolada. Igualmente, adotou-se uma estratégia que pudesse: (i) espacializar as variáveis que são potencialmente responsáveis pela mobilidade urbana sustentável e; (ii) hierarquizar as relações entre os elementos da "Forma Urbana" e de "Transporte e Circulação".

Para dar conta da variabilidade dos diferentes arranjos espaciais, foram identificadas abordagens que trabalhassem com incertezas. Os estudos (Ribas, 1988; Ribas, 2003; Faria, 1996; Ian MacHarg, 1969) remeteram-nos aos métodos de avaliação de riscos ambientais que lidam com um conjunto amplo de possibilidades de arranjo entre variáveis e também com graus de incerteza sobre os efeitos esperados e que conseguem, com certo nível de assertividade, estabelecer graus de risco de ocorrência de impactos negativos e positivos.

A partir destas considerações, a escolha recaiu sobre a Análise de Risco Ecológico (ARE) que deriva de estudos ambientais de sustentabilidade (Faria, 1996) e assume que, para se avaliar determinada área, deve-se seguir o princípio da seleção de critérios. De modo geral, o método ARE propõe uma espécie de estrutura em árvore que conduz a escolhas e interpretações para cada unidade de análise espacial, até se chegar a um resultado em uma determinada matriz. O método possibilita quantificar, hierarquizar e espacializar os riscos que determinadas atividades antrópicas podem representar para os fatores naturais da paisagem.

De modo análogo, buscou-se na interpretação deste método (ARE), as bases para se estabelecer um novo *Procedimento de Análise Espacial (PAE)*, no qual fosse possível, quantificar, hierarquizar e espacializar os efeitos provenientes de determinado arranjo da forma urbana nas condições de mobilidade, considerando os Eixos de Análise I e II citados.

A discussão está fracionada em duas partes: a primeira corresponde aos aspectos conceituais, metodológicos e técnicos do PAE, e a segunda compreende as interpretações acerca da utilização deste método para as análises da mobilidade urbana sustentável com vista ao planejamento urbano.

2. ASPECTOS CONCEITUAIS, METODOLÓGICOS E TÉCNICOS DO *PAE*

Para avaliar o potencial de mobilidade sustentável, relacionando forma e mobilidade, e testar as variáveis dispostas nos Eixos de Análise I e II, buscou-se no arranjo conceitual e metodológico da

ARE (cf. Ribas, 1988; Faria, 1996) os instrumentos para estabelecer um novo procedimento de investigação. Importa inicialmente esclarecer, que os dois eixos de análise já mencionados, derivam de uma vasta pesquisa bibliográfica acerca dos temas forma urbana e mobilidade urbana (cf. Gentil, 2015), onde foi possível estabelecer possíveis variáveis da forma urbana que poderiam impactar o sistema de transporte e/ou a mobilidade urbana. A estrutura em eixos de análise com grupos de variáveis ficou definida conforme a Tabela 1:

Tabela 1: Variáveis e eixos de análise. Fonte: Gentil, (2015).

Eixo de Análise I: forma urbana	Eixo de Análise II: transporte e circulação
Característica da densidade Característica do uso do solo urbano Continuidade (redução de vazios) Características do desenho urbano (conectividade e acessibilidade do sistema viário)	Extensão da rede de transporte público Acessibilidade ao transporte público (cobertura do transporte público) Vias para pedestres Extensão e conectividade de ciclovias.

A combinação dos dois eixos de análise demonstrará áreas urbanas com maior e menor potencial para mobilidade sustentável. Em função disso, é feita a agregação dos indicadores dispostos nos eixos de análise. A agregação é necessária já que, ao serem analisadas as condições da mobilidade urbana, torna-se importante a avaliação conjunta de elementos que possam potencializar a mobilidade sustentável e não a análise isolada de cada variável, em qualquer dos eixos. O conceito de potencial está relacionado com a provável (e não certa) indicação de espaços mais favoráveis à mobilidade sustentável.

Os passos metodológicos do *PAE* são:

i. Decomposição dos dois eixos de análise: sistema “Forma Urbana” e “Transporte e Circulação” em subsistemas independentes, embora inter-relacionados;

ii. Agregação das variáveis do Eixo de Análise I e II para definir a “Árvore de Avaliação Forma Urbana” e “Árvore de Avaliação dos elementos de transporte e circulação”;

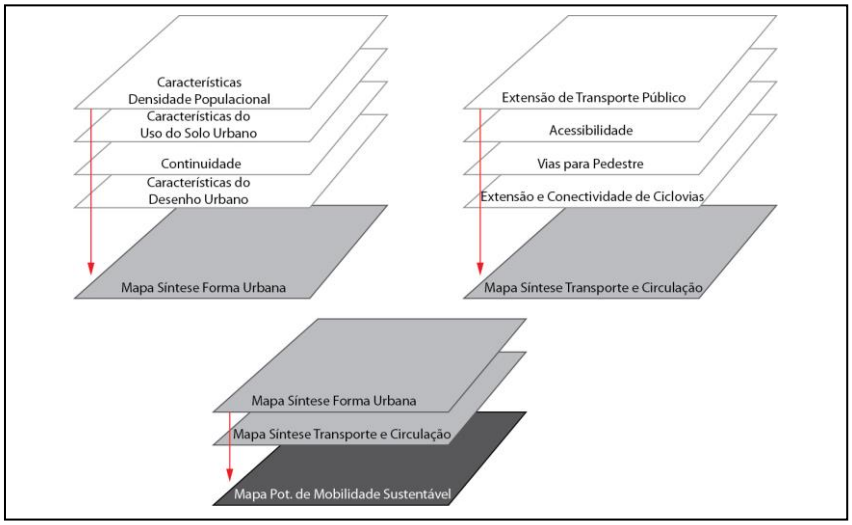
iv. Por meio da composição de uma matriz, são verificadas as combinações para todos os níveis de análise existentes nas árvores gerando a grandeza agregada “Potencial de Mobilidade Sustentável”;

Por meio dos resultados obtidos é possível estabelece medidas de controle para cada nível de análise observado na matriz de agregação.

A agregação das variáveis é formulada por meio de um diagrama, tipo “árvore”, em que são definidos os níveis qualitativos e quantitativos para os Eixos de Análise I e II, respectivamente “Forma Urbana” e “Transporte e Circulação”. Posteriormente, o resultado é espacializado, utilizando-se a técnica de superposição de informações. Na leitura das árvores de avaliação tem-se uma hierarquia das variáveis dispostas em cada eixo que é estabelecida, considerando a variável mais importante que vem em primeiro lugar.

A articulação das árvores de avaliação levará a um mapa da área urbana analisada, que será chamado de “*Mapa Potencial da Mobilidade Sustentável*". O mapa potencial da mobilidade sustentável vai indicar os espaços mais favoráveis à mobilidade sustentável de determinada área urbana considerando as variáveis analisadas conforme mostra a Figura1.

Figura 1: Esquema mostrando a sobreposição das variáveis do estudo.



Para agregação das variáveis, utiliza-se álgebra booleana por meio das combinações lógicas do tipo “E/OU”, de modo que em cada árvore de avaliação são definidas as combinações lógicas (usando os operadores E/OU). Posteriormente é utilizada a técnica de superposição de informações com o auxílio dos *softwares* Excel e ArcGis. Por fim, para aplicação do *PAE*, devem ser observados os seguintes critérios que viabilizarão as adequações necessárias para o desenvolvimento metodológico:

i. As variáveis definidas em cada eixo de análise devem possuir indicadores baseados no conhecimento científico disponível para que se possa criar uma escala de avaliação. Como referência foi utilizado o Guia de Indicadores para obtenção do Índice de Mobilidade Urbana Sustentável – IMUS, proposto por Costa (2008). As variáveis propostas neste estudo, correspondentes aos Eixos de Análise I e II possuem um correspondente indicador nesta lista proposta por Costa (2008). A escala de avaliação da variável *Característica do Desenho Urbano* foi calculada utilizando a variável configuracional denominada de Integração Global e derivada do mapa axial obtido pela sintaxe espacial (SE) (MEDEIROS, 2013);

ii. É importante que as variáveis selecionadas possam ser espacializadas ou mapeadas, pois as variáveis são combinadas e o resultado final da agregação ou combinação dessas informações é um mapa potencial da mobilidade urbana onde é possível visualizar os diferentes potenciais de mobilidade urbana;

iii. Para a definição da área de análise ou escala de análise deve ser definida uma escala macro e outra micro. A escala macro pode ser o perímetro urbano ou, no caso de regiões metropolitanas, considerar as cidades que estão conurbadas, ou a mancha urbana. Para a escala micro, consideram-se subáreas que podem corresponder à escala de bairros ou regiões administrativas. A definição das escalas macro e micro para aplicação do *PAE* permitirá uma *análise global* em relação ao potencial de mobilidade sustentável e também uma *análise local,* sendo possível estabelecer comparação entre áreas distintas no mesmo território urbano;

iv. A ordem e o arranjo das variáveis nos diagramas do tipo “árvore” são elaborados de maneira subjetiva. Quem introduz as variáveis na árvore deve estabelecer uma hierarquia na qual se destaque o elemento que possa ter maior relevância e impactos nos demais. O pesquisador tem a

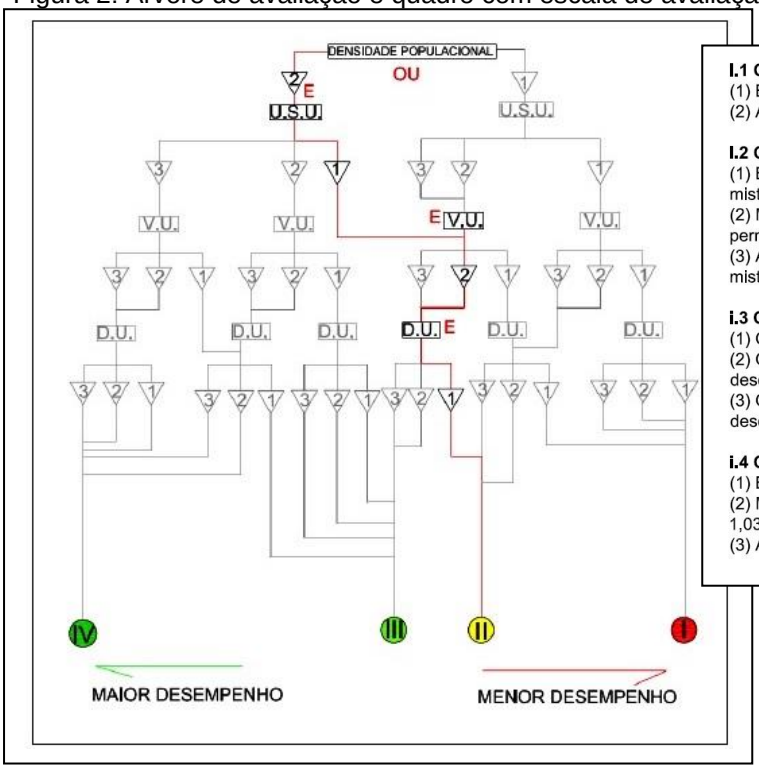
liberdade de desenvolver o arranjo hierárquico da árvore de avaliação conforme seu entendimento teórico sobre as variáveis, as características da área urbana em questão e experiência no assunto. Isso confere ao *PAE* certa flexibilidade, nesta etapa, contam a experiência do planejador e também o objetivo que se pretende alcançar. A matriz de agregação também segue essa lógica.
Neste artigo serão apresentadas as arvores de avaliação dos dois eixos de análise e matriz de agregação, importa saber, que esse método foi aplicado em Goiânia-GO com resultados relevantes, entretanto esta etapa não está contemplada neste trabalho, mas pode ser consultada em Gentil, 2015.

3. MÉTODO *PAE* PARA ANÁLISE DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

Foram elaboradas árvores de avaliação e matriz de agregação durante a pesquisa considerando todas as variáveis que iriam compor os eixos de análise Forma Urbana e Transporte e Circulação. As escalas de avaliação foram desenvolvidas com base nos trabalhos de Costa (2008) e Medeiros (2013) conforme já mencionado no item anterior. A proposta da árvore Forma Urbana levou em consideração três aspectos: i. Hierarquia das variáveis na árvore: A escolha da densidade urbana como elemento preponderante na hierarquia deu-se pelo fato de que, ao analisar o referencial teórico sobre o tema, a variável aparece como elemento que traz implicações significativas para o planejamento e desenho urbano. Conforme destacam Acioly e Davidson (1998), "*as intervenções urbanas e projetos habitacionais que pretendam inserir princípios de desenvolvimento sustentável demandam atenção especial para o planejamento físico espacial, dentro do qual a densidade ocupa uma posição de destaque".* Na sequência, tem-se uso do solo urbano, vazios urbanos e desenho urbano. A decisão, em relação a essa hierarquia pode variar de acordo com experiência e perspectivas do grupo que irá avaliar a área em questão, neste caso, as considerações recaíram sobre o referencial teórico explorado na tese (cf. Gentil, 2015). ii. Operadores lógicos (álgebra booleana): os operadores lógicos utilizados na árvore foram "e/ou", conforme mostra a Figura 2 onde é possível visualizar um dos caminhos em destaque na árvore de avaliação; e eles servem para agregar as variáveis dispostas no eixo de análise forma urbana. O operador "OU" é conhecido como adição lógica e o operador "E" como produto lógico. Para compreender a função dos operadores lógicos, primeiro é importante verificar que a árvore possibilita que sejam percorridos vários caminhos, e estes levarão para um nível de desempenho que pode varia, neste caso de I a IV (menor ao maior desempenho). Pode-se fazer a leitura da árvore proposta da seguinte forma: densidade populacional (1) OU (2), supondo que a avaliação desta variável esteja no nível 2, segue-se para análise da próxima variável, "E" *Uso do Solo Urbano* que oferece três possibilidades (1) OU (2) OU (3) "E" *Vazios Urbanos* que oferece três possibilidades (1) OU (2) OU (3), até se chegar no último nível "E" *Desenho Urbano* que também oferece três possibilidade (1) OU (2) OU (3), levando para quatro níveis de desempenho (I) OU (II) OU (III) OU (IV). Pela leitura do diagrama tem-se um caminho que está em destaque conforme mostra a Figura 2. A análise deste caminho pode ser feita da seguinte forma, tem-se que a combinação de Densidade populacional no nível (2), "E" Uso Solo Urbano no nível (1) "E" Vazios Urbanos no nível (2) "E" Desenho Urbano no nível (1), levam para um nível de desempenho "II" em relação a forma urbana. Pelo prosseguimento da leitura do diagrama tem-se que a situação de menor desempenho em relação a mobilidade sustentável encontra-se em áreas com baixa densidade, pouco incentivo ao uso misto, grande quantidade de vazios e um desenho urbano caracterizado por eixos com menor potencial de integração, isto é, malha viária pouco acessível, o contrário se verifica em relação a área com maior desempenho. Importa saber que existem outros caminhos que podem ser percorridas, todos dependerão da avaliação individual para cada variável proposta na árvore. iii. Elaboração da proposta das árvores:

para se chegar na proposta da árvore de avaliação de forma urbana, assim como na de transporte e circulação, foram desenvolvidos e testados vários modelos. A proposta do arranjo da árvore, bem como de seus caminhos e níveis depende do grupo que irá avaliar a área em questão, da experiência profissional e dos objetivos que se pretende alcançar em relação ao planejamento urbano e potencial da mobilidade sustentável. Neste caso, as árvores foram elaboradas pela autora do trabalho, que se baseou nos dados disponíveis da área de estudo onde foi aplicado o PAE assunto que não objeto deste artigo, bem como no referencial teórico (GENTIL, 2015).

Figura 2: Árvore de avaliação e quadro com escala de avaliação para cada variável. Fonte: Gentil, (2015).



I.1 Características da Densidade
(1) Baixa: < 50 Hab/Hac
(2) Alta: > 50 Hab/Hac

I.2 Características do Uso do solo urbano - U.S.U.
(1) Baixo uso misto: < 50 % da área em análise é permitido/incentivado o uso misto com atividades compatíveis entre si.
(2) Médio uso misto: entre 50% e 75% da área em análise é permitido/incentivado o uso misto com atividades compatíveis entre si.
(3) Alto uso misto: > 75% da área de análise é permitido/incentivado o uso misto com atividades compatíveis entre si.

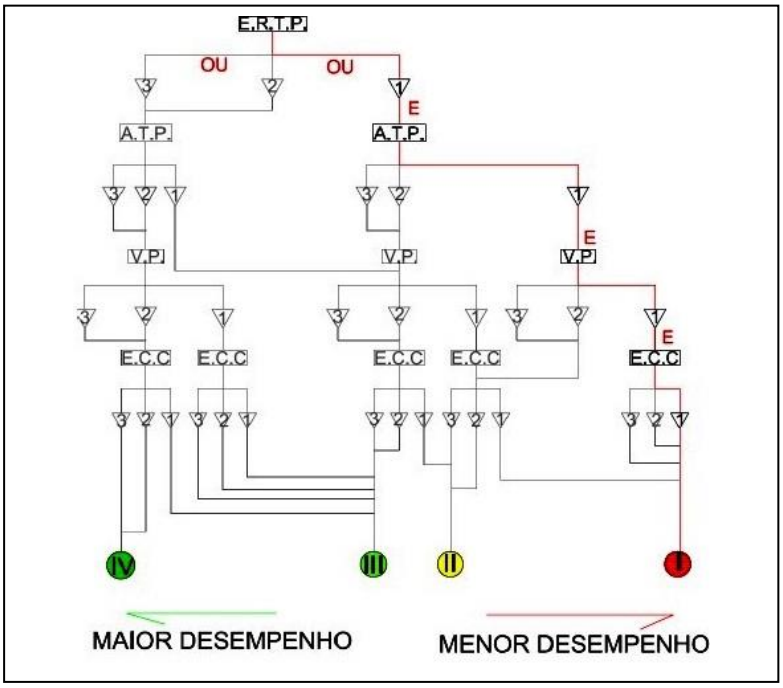
i.3 Continuidade - Vazios Urbanos - V.U.
(1) Quantidade alta de vazios: > 50% da área em análise vazia ou desocupada
(2) Quantidade média de vazios entre 50% a 20% da área em análise vazia ou desocupada.
(3) Quantidade baixa de vazios: < 20 % da área em análise vazia ou desocupada.

i.4 Características do Desenho urbano: Integração Global - D.U.
(1) Baixa integração:valor médio da variável Integração Global: < 0,619;
(2) Média integração: valor médio da variável Integração Global: entre 0,619 a 1,038;
(3) Alta integração: valor médio da variável Integração Global > 1,038

De modo análogo a elaboração da árvore de avaliação Forma Urbana tem-se a árvore de avaliação de Transporte e Circulação, onde se considerou os seguintes: i. Hierarquia das variáveis na árvore: A leitura do diagrama do tipo “árvore” pode assim ser procedida pela variável “extensão da rede de transporte público”, pois, ao se determinar a extensão da rede de transporte público é possível estabelecer as vias prioritárias por onde deve partir o planejamento para cobertura do transporte público (implantação de pontos de ônibus) assim como o planejamento e integração das redes de ciclovias/ciclofaixas e vias para pedestres, facilitando o acesso ao transporte público. Em virtude disso, a variável “Extensão da Rede de Transporte Público” aparece como elemento indutor para as demais variáveis ocupando a posição de maior destaque na árvore. ii. Operadores lógicos (álgebra booleana): pela leitura do diagrama tem-se um caminho que esta em destaque conforme mostra a Figura 3: *Extensão da Rede de Transporte Público* (1) OU (2) OU (3), segue-se para avaliação da próxima variável, “E” *Acessibilidade ao Transporte Público* que oferece três possibilidades (1) OU (2) OU (3) “E” *Vias para Pedestres* que oferece três possibilidades (1) OU (2) OU (3), até se chegar no último nível “E” *Extensão e Conectividade de Ciclovias* que também

oferece três possibilidade (1) OU (2) OU (3), levando para quatro níveis de desempenho (I) OU (II) OU (III) OU (IV). Pela leitura do diagrama proposta na Figura 5, tem-se um caminho apresentado que esta em destaque. A análise deste caminho pode ser feita da seguinte forma - ERTP no nível (1), “E” ATP no nível (1) “E” VP no nível (1) “E” ECC no nível (1), levam para um nível de desempenho “I” em relação aos elementos de transporte e circulação. Importa saber que existem outros caminhos que podem ser percorridas, todos dependerão da avaliação individual para cada variável proposta na árvore.

Figura 3: Árvore e escala de avaliação. Fonte: Gentil, (2015).



i.1Extensão da Rede de Transporte Público - E.R.T.P.
(1) Baixa quantidade de E.R.T.P.: razão entre a E.R.T.P em relaçãoao sistema viário urbano <40%da área em análise.
(2) Média quantidade de E.R.T.P.: razão entre E.R.T.P. em relação ao sistema viário entre 40% e 80% da área em análise.
(3) Alta quantidade de E.R.T.P.: razão entre E.R.T.P. em relação ao sistema viário > 80% da área em análise.

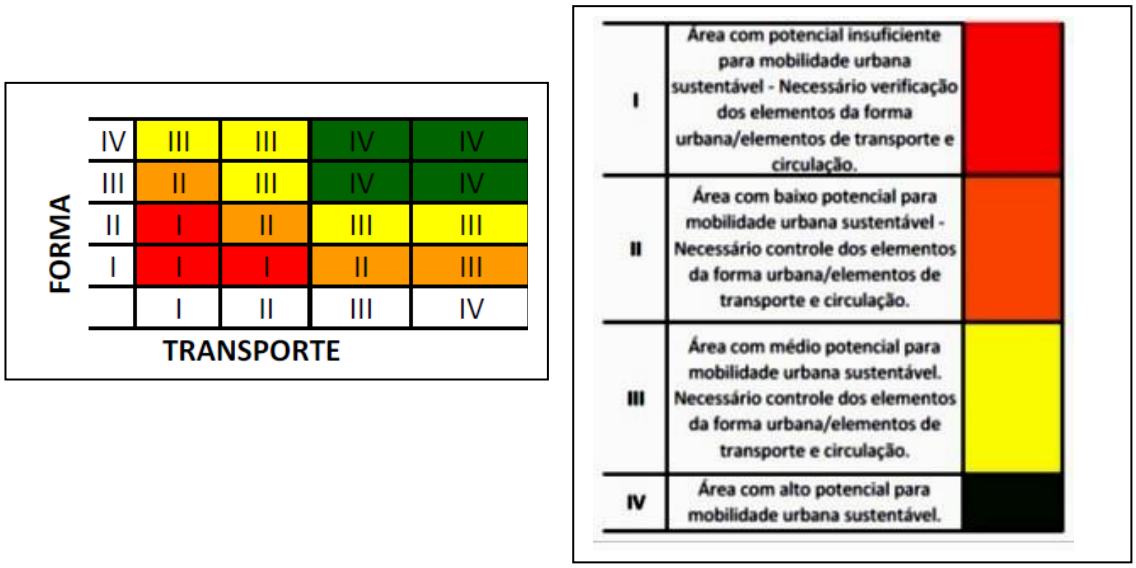
i.2 Acessibilidade ao Transporte Público - A.T.P.
(1) Baixa A.T.P.: < 32.5% da população urbana residente na área de cobertura de pontos com acesso ao transporte público.
(2) Média A.T.P.: entre 32.5% e 77.5 % da população redisente na área de cobertura de pontos com acesso ao transporte público.
(3) Alta A.T.P.: > 72.5% da população residentes na área de cobertura de pontos com acesso ao transporte público.

I.3 Vias para Pedestres - V.P.
(1) Baixa quantidade V.P.: quando não há na área urbana delimitada para estudo vias especiais ou preferenciais para pedestres e ou/ até 25% do sistema viária urbano é composto por vias especiais ou preferenciais para pedestres, apresentando baixa conectivdade.
(2) Média quantidade V.P.: até 25% do sistema viário urbano é composto por vias especiais ou preferenciais para pedestre, porém apresenta alta conectividade.
(3) Alta quantidade: Quando mais de 25% do sistema viário urbano é composto por vias especiais ou preferenciais para pedestres e a rede apresenta alta/baixa conectividade.

I.4 Extensão e Conectividade de Ciclovias - E.C.C.
(1)Baixa quantidade E.C.C.: quando não há na área urbana delimitada para estudo nenhur trecho de ciclovias ou ciclofaixa e ou/ até 25% do sistema viária urbano apresenta ciclovia ou ciclofaixas e a rede apresenta baixa conectividade.
(2)Média quantidade de E.C.C.: até 25% do sistema viário urbano apresenta ciclovias o ciclofaixas, porém apresenta alta conectividade.
(3) Alta quantaididade E.C.C.: quando mais de 25% do sistema viário urbano apresent ciclovias ou ciclofaixas e a rede apresenta alta/baixa conectividade.

Para combinar as árvores de avaliação dos Elementos da Forma Urbana e de Transporte e Circulação para espacialização dos resultados, foi gerada uma matriz de agregação. Na elaboração da matriz, cada nível da Forma Urbana é combinado, ou seja, relacionado aos níveis de Transporte e Circulação e vice-versa, gerando a matriz potencial de mobilidade sustentável ou Potencial de Mobilidade Sustentável. As árvores e a matriz funcionam como filtros que selecionam alternativas até se chegar ao nível de maior potencial para mobilidade sustentável. A matriz é construída pela técnica de superposição de informações, levando em conta a maior prevalência das variáveis em área. A matriz potencial da mobilidade sustentável ficou definida conforme mostra a Figura 4.
Por meio da matriz de agregação das variáveis, é possível espacializar os resultados e construir o mapa potencial da mobilidade sustentável. A escala de cores e níveis demonstrará as áreas com maior potencial para a mobilidade sustentável até as que apresentam desempenho insuficiente. A intervenção sobre desenho/planejamento urbano será dada nas áreas urbanas em que a correlação das variáveis expressar um pior desempenho. Portanto será possível criar níveis de análise em escala global e local para o planejamento, permitindo verificar as variações dentro de um mesmo sistema.
Para espacialização dos resultados, trabalha-se com os dados reais identificados pela atual situação da área. Na análise de cada micro-área dentro da área urbana, define-se o nível de potencial para mobilidade sustentável e as respectivas necessidades de intervenção sobre os elementos da Forma Urbana e do Transporte e Circulação. Importa dizer que essa matriz pode ser alterada de acordo com o rigor que se deseja, restringindo ainda mais a análise para cada eixo de análise proposto.

Figura 4: Matriz de agregação. Fonte: Gentil, (2015).



4. CONCLUSÃO

A proposta deste artigo foi apenas de mostrar, de forma simplificada o processo de elaboração do PAE. As variáveis identificadas poderão ser adequadas às informações existentes da área urbana a ser analisada; sendo assim, as árvores de avaliação podem ser adaptadas conforme as informações disponíveis. O guia elaborado por Costa (2008), por apresentar parâmetros já testados quanto à mobilidade, serve de orientação quanto à alteração ou adequação da escala de avaliação de cada variável proposta nas árvores de avaliação. Outras variáveis relacionadas à forma urbana ou ao transporte e circulação podem ser contempladas nos diagramas.

Algumas informações que não podem ser mapeadas ou espacializadas constituem-se num limitante ao objetivo de se ter um *PAE* facilitador para o uso de planejadores urbanos; entretanto, essa limitação não reduz o mérito da proposta, pois o produto deste PAE são mapas combinados por meio da matriz.

Este procedimento permite tanto uma análise espacializada da mobilidade como uma abordagem centrada num número reduzido e comprovadamente relevante de variáveis para identificar o potencial de mobilidade de uma estrutura urbana.

A proposta de análise para mobilidade urbana pode ser adaptada à realidade da cidade que for objeto de estudo. As variáveis e o nível hierárquico para cada Eixo de Análise podem ser propostos de acordo com o conhecimento específico dos problemas de cada município, de modo que importa conhecer a lógica presente no *PAE* para que se possa estabelecer novos arranjos em relação à árvore de avaliação, matriz de agregação e escalas de avaliação para cada variável.

A principal vantagem deste *PAE* está na capacidade de representar a distribuição espacial de um conjunto de informações que são orientados por meio de uma *Árvore de Avaliação* e *Matriz de Agregação* e que permitem a combinação entre diversas variáveis para se obter o Mapa Potencial para Mobilidade Sustentável.

Em função disso, é possível expressar de modo mais direto e compreensível o resultado da interação entre “Forma” e “Transporte” na área em estudo. Conforme já colocado, o arranjo das árvores e matriz agregação pode ser alinhado conforme as expectativas e experiência do grupo que irá avaliar a área em questão. Outros grupos, valendo-se do mesmo método e área, podem considerar outros atributos mais importantes. Outra característica deste *procedimento* é tornar mais objetivas as estratégias de entendimento da mobilidade urbana. O resultado que se obtém é expresso por área de análise e permite avaliações simultaneamente locais e globais, permitindo ações de ordem pontual em relação ao planejamento urbano e ao planejamento de transportes. Neste artigo não foi possível demostrar a aplicação com os resultados do PAE por conta das limitações de espaço, mas importar saber que o método foi aplicado em Goiânia-GO, obtendo-se o mapa Potencial de Mobilidade Urbana para esta cidade, por meio dos resultados elaborou-se propostas de intervenção para aumentar o potencial de mobilidade sustentável nas áreas mais frágeis, essas informações podem ser obtidas em Gentil, (2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, M. da S. Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2008.

FARIA, S. C. Guia de Elaboração e Revisão do Plano Diretor Municipal com Base em análise do Risco Ecológico. Ministério do Meio Ambiente. 2006.

GENTIL, C.D.A. A contribuição dos elementos da forma urbana na construção da mobilidade urbana sustentável. Tese de Doutorado. PPg FAU/FAU. Universidade de Brasília, 2015.

MCHARG, I. Design With Nature. Doubleday Natural History Press. New York, 1971.

MEDEIROS, V. A. S. de. Urbis Brasiliae: o labirinto das cidades brasileiras. Brasília: Editora UnB, 2013.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Caderno MCidades: Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável. Ministério das Cidades, Brasília, 2005.

RIBAS, O. Critério e diretrizes de planejamento e desenho urbano para Asa Norte (área F), do plano urbanístico “Brasília Revisitada” visando a minimização dos impactos sobre o meio ambiente natural. Dissertação de Mestrado. PPGFAU. UnB. Brasília, 1988.

RIBAS, O. A sustentabilidade das cidades: os instrumentos da gestão urbana e a construção da qualidade ambiental. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. UnB. Brasília, 2003.

40. URBANISMO TÁTICO E SUSTENTABILIDADE: EXPERIÊNCIAS TÁTICAS NO FOMENTO AO TRANSPORTE ATIVO

FERNANDES BARATA, Aline[1](alinemfbarata@gmail.com); SANSÃO FONTES, Adriana*[2]
[1]Programa de Pós-graduação em Urbanismo (PROURB) | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brazil
[2]Programa de Pós-graduação em Urbanismo (PROURB) | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brazil
Autor correspondente

RESUMO
A valorização do uso do automóvel afetou a importância do pedestre na cidade e, consequentemente, dos espaços públicos. Como forma de tratar os paradigmas urbanos contemporâneos, o Urbanismo Tático se propõe a recuperar e ativar espaços por meio de ações rápidas e de fácil execução que demonstram oportunidades de mudanças em larga escala e a longo prazo nas cidades. Intervenções táticas têm representado uma importante prática de ressignificação dos espaços públicos e da mobilidade urbana. O conceito de Transporte Ativo está inserido na compreensão de mobilidade urbana sustentável, uma vez que se caracteriza por meios de transporte à propulsão humana, como o caminhar e o pedalar. O presente artigo tem como objetivo construir um debate acerca do potencial do Urbanismo Tático em impulsionar o Transporte Ativo ao evidenciar possibilidades de transformação no espaço público contemporâneo a partir de iniciativas que promovam a proteção e valorização da presença dos pedestres e ciclistas na cidade, e que subvertam a importância dos veículos automotores. Nesse artigo apontaremos o caráter dessas ações de duas maneiras: quando assumem o papel de teste para intervenções permanentes e quando que têm início e fim definidos em sua essência. Através de iniciativas recentes, desejamos colocar em discussão o papel de ações de pequena escala em se revelarem como convites e incentivos a modos de vida urbanos mais ativos, saudáveis, sustentáveis e responsivos, apresentando como algumas delas repercutem em políticas públicas. Para isso apontaremos alguns exemplos de ações táticas que ilustram o encorajamento do Transporte Ativo e tentativas de equilibrar as oportunidades urbanas para pedestres e ciclistas, como fechamento temporário de ruas, a criação de novas alternativas e áreas mais confortáveis para o caminhar e o pedalar, e a subversão de usos em espaços públicos onde o carro é predominante.
Palavras-chave: Urbanismo Tático; Transporte Ativo; mobilidade sustentável

TACTICAL URBANISM AND SUSTAINABILTY: TACTICAL EXPERIENCES IN THE PROMOTION OF ACTIVE TRANSPORTATION

ABSTRACT
The overvaluation of the use of automobile has detrimentally affected the importance of pedestrians within the city and consequently its public spaces. As a way of treating contemporary urban paradigms, Tactical Urbanism aims to recover and activate spaces through fast and easily-applied actions that demonstrate the possibility of large-scale and long-term changes in cities. Tactical interventions have represented an important practice of redefining public spaces and urban mobility. The concept of Active Transportation coheres with comprehension of sustainable urban mobility, characterising the means of transportation through human propulsion, such as walking and cycling.

This paper aims to debate the potential of Tactical Urbanism in promoting Active Transportation by revealing opportunities of transformation in the urban space of contemporary cities through initiatives that promote the protection and valorization of the presence of pedestrians and cyclists in cities, and that subvert the importance of motorized vehicles. In this paper we are presenting the character of these actions in two different ways: when they are use as tests for permanent interventions and when they have pre-defined start and end periods. Using recent initiatives to illustrate, we aim to discuss the role of small-scale actions in promoting and incentivising a more active, healthy, sustainable and responsive urban way of life, presenting how some of them have developed through public policies. For that we will present some examples of tactical actions that illustrate the encouragement of Active Transportation and trials to balance the urban opportunities for pedestrians and cyclists. These include: temporary closure of streets, the creation of new alternatives and more comfortable areas for walking and cycling, and the subversion of uses in public spaces where the usage of cars are predominant.
Keywords: Tactical Urbanism; Active Transportation; sustainable mobility

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história das cidades, praças, parques e ruas foram importantes elementos urbanos promotores de encontros e trocas sociais. Harvey (2014) aponta que antes do surgimento dos automóveis, as ruas eram um lugar de socialização popular e de lazer, contudo, esse tipo de uso foi comprometido e transformado em um espaço para os carros. A valorização de políticas rodoviaristas e do uso do automóvel no século XX reduziu a importância do pedestre nas cidades, e consequentemente, de seus espaços públicos, substituindo a cultura do andar sem objetividade, as expressões sentimentais, imaginárias e sensoriais da vida urbana. (SILVA, 2008).
No entanto, muitos autores reconhecem na atualidade a busca pela valorização e ressignificação do espaço público como promessa de um elemento urbano coletivo de cidadania, de integração e convivência social. Nesse contexto, o papel das ruas, da mobilidade urbana e da condição dos pedestres e dos meios não motorizados estão sendo revistos. Pedestres e ciclistas estão ganhando espaço não somente na discussão acerca de seus deslocamentos, mas também em relação à ressignificação de áreas públicas de permanência e lazer nas cidades (ANDRADE et al., 2012).
Diante da ênfase rodoviarista do desenho urbano e dos desequilíbrios entre oportunidades para pedestres e veículos automotores nas cidades, propomos a uma reflexão sobre a importância da inserção de duas abordagens emergentes nos debates contemporâneos, a do Urbanismo Tático e do Transporte Ativo[1], ressaltando a relevância das experiências táticas como ativadoras de transformações sustentáveis. O presente artigo tem como objetivo construir um debate acerca do potencial do Urbanismo Tático em repensar a mobilidade urbana e impulsionar o Transporte Ativo ao evidenciar possiblidades de transformação no espaço urbano contemporâneo através de iniciativas que promovam a proteção e valorização de pedestres e ciclistas, e a subversão de usos em espaços públicos reduzindo a importância do carro nas cidades. Apresentaremos ações que possuem variados graus de eficácia, e consequentemente, diferentes níveis de impactos em relação ao encorajamento do Transporte Ativo.

[1] Termo originalmente utilizado na Biologia para designar a energia usada pelas células para o tráfego de moléculas através da membrana plasmática.

2. TRANSPORTE ATIVO

Diante dos desequilíbrios entre carros e pedestres, nos questionamos sobre as oportunidades oferecidas para o caminhar e o pedalar nas cidades contemporâneas, e os desafios para a mobilidade urbana anunciar mudanças de modos de vida. Como forma de compreender a importância de tais questões, apresentaremos as definições de mobilidade urbana, mobilidade sustentável e do termo Transporte Ativo.

Primeiramente, entende-se por mobilidade urbana a possibilidade de deslocar-se na cidade, (HERCE 2007 apud IZAGA 2014) independente da modalidade de transporte do indivíduo. O termo mobilidade sustentável (UN-Habitat, 2014) é introduzido como abordagem que visa impulsionar o caminhar, o pedalar (IZAGA, 2014) e quaisquer meios de transporte menos nocivos ao meio ambiente. A transformação dos padrões de mobilidade urbana e o incentivo à bicicleta foram incluídos como metas no termo de cooperação assinado pelos membros da UN-Habitat 2014. Nesse momento, é possível perceber o avanço na maneira de tratar os deslocamentos dos indivíduos na cidade independente dos transportes motorizados.

O conceito da Sustentabilidade surge por volta dos anos 1990 e indica a necessidade de atenção ao desenvolvimento sustentável em diferentes esferas, sejam elas: econômica, social, política, cultural e ambiental, satisfazendo as necessidades das gerações atuais sem comprometer as futuras. A preservação ambiental é um dos conceitos levantados, principalmente no que tange a emissão de poluentes por veículos automotores, indústria, entre outros. No Brasil, em 2012, o Ministério do Meio Ambiente do Governo Federal aprovou a Política Nacional de Mobilidade Urbana, Lei Federal nº 12.587, que coloca os pedestres e ciclistas no topo das prioridades, além de indicar a necessidade de mudanças profundas nos padrões tradicionais de mobilidade.

Para alguns autores, a mobilidade urbana é compreendida como uma importante atividade social e cultural que afeta e transforma as pessoas e o ambiente. Repensar as ruas e os espaços públicos pode ser um caminho para impulsionar a interação e convívio social nas cidades (ANDRADE et al., 2012). Assim, a abordagem do Transporte Ativo reforça o conceito de mobilidade sustentável, uma vez que incentiva que os deslocamentos na cidade sejam realizados através de meios de transporte à propulsão humana, como caminhadas a pé, pedaladas, etc, “formas antigas e ao mesmo tempo revolucionárias de locomoção” (PELEGI, 2016, p. 55). Com isso, avançamos na busca pela compreensão do papel do Urbanismo Tático em repensar a mobilidade urbana e encorajar o Transporte Ativo.

3. URBANISMO TÁTICO NO INCENTIVO AO TRANSPORTE ATIVO

O Urbanismo Tático tem sido construído no século XXI como uma abordagem que pretende tratar os paradigmas urbanos contemporâneos utilizando ações rápidas e facilmente executáveis para demonstrar a possibilidade de mudanças em larga escala e a longo prazo nas cidades. O termo tomou forma a partir de 2011 com uma publicação de um grupo de jovens urbanistas, Mike Lydon e Anthony Garcia, entitulada *“Tactical Urbanism: Short-term Action, Long- term change”*, que apresentou o progresso de intervenções táticas em espaços públicos na América do Norte (PFEIFER, 2013). O Urbanismo Tático, segundo Lydon & Garcia (2015) preconiza que deve existir uma estreita ligação entre sociedade e poder público chamada “*Bottom up – Top Down*”, demonstrando que pode partir das esferas públicas e/ou da sociedade civil o desejo em promover novas experiências urbanas, apropriações, preservação do ambiente construído da cidade e democratização do uso do solo citadino, contanto que haja participação social.

Os autores destacam três aplicações mais comuns do Urbanismo Tático. Primeiramente, destacam-se iniciativas que partem da sociedade civil, através de protestos, protótipos ou de intervenções que vislumbram a possibilidade de mudanças, evidenciando o exercício do "direito à cidade". Em segundo lugar, ações que podem se configurar como ferramentas do poder público para engajar organizações sem fins lucrativos e a participação social no processo de planejamento. Por fim, são reconhecidas intenções "fase 0" como teste de projetos urbanos, antecipando a etapa na qual investimentos permanentes são feitos (LYDON; GARCIA, 2015).

Nesse artigo, destacamos a importância de ações Fase 0 e de iniciativas temporárias no estímulo à transformação dos espaços públicos e na promoção de novos modos de vida urbanos e do Transporte Ativo. Compreendemos que a intenção dessas experiências é de fato serem temporárias e que os espaços públicos que recebem tais intervenções podem ser considerados como um laboratório em que se analisam os efeitos e a maneira como a população reage no ambiente (ANDRADE et al., 2012). No entanto, as ações Fase 0 e as iniciativas temporárias possuem objetivos distintos.

As ações Fase 0, por exemplo, assumem sua condição de teste e reforçam a relevância de se configurarem como etapa experimental na escala humana. Essa iniciativa faz referência a um dos principais fundamentos do Urbanismo Tático que é a abordagem do Construir-Medir-Aprender[2] e ao ciclo do *Design Thinking*, cujos conceitos considerados por Lydon e Garcia (2015) foram adaptados ao Urbanismo e valorizam o papel do teste de ações e da implementação de processos de desenvolvimento interativos e de baixo custo. Com isso, essas ações apresentam um campo aberto de possibilidades que permitem a análise de pré-transformação do espaço, como forma de reconhecer seus reais impactos, para então serem concebidas para um longo prazo, caso sejam bem sucedidas. É nessa fase de estudo que é possível avaliar os efeitos de tais iniciativas em tempo real, evitando despesas e revisões futuras (NACTO, 2013). Tais experiências podem indicar novas demandas ou alterações no processo na medida em que sejam executadas.

Figura 1. Etapas de ação do Urbanismo Tático. **Figura 2.** Fase experimental de intervenção na melhoria de áreas para pedestres e ciclistas na Broadway, Nova Iorque.



Fonte 1: LYDON;GARCIA, 2015, p. 172. Fonte 2: Better Cities and Towns. Disponível em: http://bettercities.net/article/tactical-urbanism-seizes-day-14498/ Acesso em 10 mar 2017.

As iniciativas temporárias na cidade, por sua vez, podem se configurar como táticas cujo fator tempo é o que as primordialmente as caracteriza, tendo estas início e fim definidos, mas que

[2] Build-measure-learn (LYDON; GARCIA, 2015, p.5). Tradução nossa.

podem gerar impactos permanentes. A feição mais importante das intervenções temporárias é sua intenção transformadora que tem a capacidade de colocar o espaço em movimento, revelando "sua dimensão ativa, seu impulso lúdico, sua capacidade de descobrir potencialidades, de recuperar lugares" (SANSÃO FONTES, 2012, p. 33). O potencial dessas iniciativas temporárias também está no fato de que elas podem se desenvolver sem maiores impactos ambientais, uma vez que interferem minimamente no espaço físico das cidades, aumentando sua resiliência. Experiências temporárias no espaço urbano são ferramentas que podem encorajar o uso de espaços públicos e repensar a mobilidade urbana a curto e longo prazo. Ações rápidas, baratas e temporárias, além de parcerias com comunidades locais, permitem intervenções ágeis, flexíveis e responsivas (NACTO, 2013).

Nesse sentido, ações Fase 0 e iniciativas temporárias têm importante papel no processo de transformação dos espaços públicos e de novos modos de vida urbanos. Como forma de ilustrar o potencial do Urbanismo Tático em encorajar e valorizar os modais do Transporte Ativo identificamos dois tipos de intervenções, as que promovem a proteção e valorização de pedestres e ciclistas, e as que subvertem prioridades nos espaços públicos, reduzindo a importância dos carros nas cidades.

3.1. Proteção e priorização dos modais do Transporte Ativo

Nessa seção apresentaremos exemplos de iniciativas táticas que buscam transformar a lógica do espaço urbano existente e melhorar as condições de segurança para o Transporte Ativo. Nesse estudo, lançamos o olhar para espaços viários, identificando intervenções que promovem oportunidades para proteção e priorização de pedestres e ciclistas por meio de ações Fase 0 e iniciativas temporárias.

3.1.1. Ações Fase 0

Dentre as iniciativas táticas, podemos observar algumas que se dedicam a identificar maneiras de tornar o Transporte Ativo mais seguro e recorrente nas cidades. Entre elas podemos destacar intervenções urbanas que podem ser usadas como ação do poder público para testar mudanças viárias, melhorar cruzamentos e promover um maior número de espaços destinados ao caminhar e ao pedalar. Além disso, reconhecemos ações em que a sociedade civil atua na forma de manifesto, propondo novos desenhos urbanos com suas próprias mãos. Incentivos para o caminhar e o pedalar são fundamentais para se repensar a mobilidade urbana em larga escala e fomentar mudanças permanentes. Nos dois casos, destacamos iniciativas que visam equilibrar as prioridades e adequar o desenho urbano aos modais do Transporte Ativo.

O movimento *Build a Better Block* liderado pela sociedade civil pode ser destacado como exemplo de iniciativa que desde 2010 propõe o equilíbrio de oportunidades entre pedestres, ciclistas e veículos automotores em bairros de cidades norte-americanas através da criação de áreas mais agradáveis e seguras para o caminhar e o pedalar, do fortalecimento da noção de comunidade e vizinhança, e do incentivo ao engajamento social nas decisões urbanas.

Figura 3. Voluntários do projeto *Better Block* criam nova calçada em Oak Cliff, EUA.
Figura 4. Ciclofaixas em *North Hill Better Block in Akron, Ohio, 2015*.




Fonte 3: Texas Observer. Disponível em: https://www.texasobserver.org/building-a-better-block-in-oak-cliff/ Acesso em 10 mar 2017. Fonte 4: Better Block. Disponível em:http://betterblock.org/blog/2016/01/13/better-block-foundation-to-help-people-build-more-vibrant-connected-communities-with-775000-from-knight-foundation/ Acesso em 15 jul 2016.

Figura 5. Ilha para pedestres em Nova Iorque. **Figura 6.** Otimização de cruzamento proposta pela Prefeitura de São Paulo.




Fonte 5: NACTO. Disponível em: http://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/interim-design- strategies/moving-the-curb/ Acesso em 14 jul 2016. Fonte 6: Companhia de Engenharia de Tráfego. Disponível em: http://www.cetsp.com.br/noticias/2015/01/28/secretario-jilmar-tatto-vistoria-a-nova-faixa-diagonal-da-avenida-ipiranga-com-avenida-sao-joao.aspx/ Acesso em 10 mar 2017.

3.1.2. Iniciativas temporárias

Como exemplo de ação temporária que visa proteger e priorizar os modais do Transporte Ativo destacamos o fechamento temporário de vias que interrompe o tráfego de veículos, apenas permitindo o uso de meios não motorizados. Esse tipo de experiência temporária demonstra a variedade de maneiras em que as ruas podem ser utilizadas, ativando espaços públicos da cidades e impulsionando o Transporte Ativo. Fechamentos temporários de vias também podem servir como fase inicial ou de teste para projetos futuros, ou simplesmente podem oferecer incentivos ao caminhar e ao pedalar aos fins de semana ou fora dos horários de pico (NACTO, 2013). Além disso, essas experiências direcionam a atenção para potencialidades dos espaços públicos da cidade em proporcionar áreas mais agradáveis para pedestres e ciclistas.

Segundo o *Urban Street Design Guide* (NACTO, 2013), alguns tipos de fechamentos temporários de vias podem ser destacados, como: ruas recreativas, ruas pedonais e ruas abertas. As ruas recreativas (*Play Streets*) são muitas vezes consideradas extensões de escolas ou áreas residenciais delimitando espaços nas vias voltados para atividades culturais e de lazer infantis.

Ruas abertas (*Open Streets*) e pedonais destinam o uso da rua para o Transporte Ativo e oferecem convites a permanência no espaço público.

Podemos destacar duas iniciativas que impulsionam o Transporte Ativo e que se tornaram experiências regulares, mas que mantiveram seu caráter temporário. Como exemplo, temos o movimento Playing Out criado pela sociedade civil em Bristol na Inglaterra e a Paulista Aberta em São Paulo, Brasil. Em 2011, a Câmara Municipal de Bristol reconheceu os benefícios do fechamento de vias para o lazer de crianças realizado por alguns pais na cidade e permitiu que isso ocorresse regularmente, incentivando outros pais a fazerem o mesmo em outras ruas (LYDON & GARCIA, 2015). No Brasil, em junho de 2016, a Prefeitura de São Paulo oficializou em forma de decreto o fechamento da Avenida Paulista, que desde outubro de 2015 interrompe o tráfego de veículos e é aberta exclusivamente para o uso dos modais do Transporte Ativo aos domingos. Ambos os movimentos reivindicam espaços para lazer e para deslocamentos a pé e de bicicleta com segurança e conforto, incentivam o uso de transportes alternativos e repensam o uso dos veículos automotores na cidade.

Figura 7: Playing Out, Bristol, Inglaterra. **Figura 8:** Paulista Aberta, São Paulo, Brasil.



Fonte 7:Playing Out. Disponível em:http://playingout.net/inspirationideas/exhibitionsprojects/playing- exhibition-bristol-central-library/ Acesso em 20 maio 2016. Fonte 8: Uol. Disponível em: http://noticias.uol.com.br/album/2015/10/18/sem-carros-avenida-paulista-vira-espaco-de-lazer-aos- domingos.htm. Acesso em 16 jul 2016.

3.2 SUBVERSÃO DE USOS NOS ESPAÇOS PÚBLICOS

Nessa seção, apresentamos as ações que se propõem a subverter espaços públicos urbanos, modificar usos e promover o estímulo à transformação de modos de vida, enaltecendo a importância dos modais do Transporte Ativo em detrimento dos veículos automotores.

3.2.1. Ações Fase 0

Apresentamos a iniciativa que visa estabelecer praças em locais inesperados ilustrando a importância da destinação de áreas livres públicas e da valorização dos deslocamentos não motorizados. Como exemplo dessa iniciativa, o *New York City Plaza Program* (Programa de Praças de Nova Iorque) lançado pelo Departamento de Transportes da cidade de Nova Iorque (NYCDOT) em 2008, converte espaços viários nova-iorquinos subutilizados em áreas livres públicas vibrantes e acessíveis para pedestres, e destinos caminháveis, por meio de parcerias com organizações locais sem fins lucrativos e associações de moradores. (NYCDOT & NYCPLAZA, 2016). Todo ano o NYCDOT convida organizações para enviarem propostas de locais para novas praças. O programa conta com um mapeamento disponível online que delimita áreas na cidade de Nova Iorque com deficiência de áreas livres ou preferenciais para receberem

tal iniciativa. O programa define três etapas, sendo que as duas primeiras têm início e fim definidos: a praça de um dia (*One Day Plaza*) e praça temporária (*Interim Plaza*). Ambas servem como teste e avaliação para instalação permanente do projeto selecionado (*Permanent Plaza*), pois, para tornar-se permanente, o projeto precisa atender às expectativas do programa acerca de sua qualidade, mobilizar a comunidade, entre outros aspectos. Isso revela que áreas destinadas para vitalidade urbana foram colocadas em pauta e alguns resultados gerais de curto e longo prazo foram importantes para compreender a abrangência dessa iniciativa. O NYCDOT (2012) detectou em algumas intervenções, incentivos à vitalidade econômica, queda do número de acidentes e conflitos entre veículos e pedestres, satisfação e aumento do número de usuários se apropriando do espaço público.

Figuras 9: Diagrama do Gehl Architects para o NYC Plaza Program.
Figuras 10, 11: Antes e depois da intervenção em *Pearl Street Plaza, Nova Iorque.*



Fonte 9: NYCDOT & NYCPLAZA, 2016, p.2. Fonte 10,11: NYCDOT & NYCPLAZA, 2016, p.5.

Ações Fase 0 como esta podem transformar positivamente áreas residuais, subutilizadas, de difícil acesso ou inseguras em espaços públicos usando materiais de baixo custo e de fácil instalação. Essas experiências têm o potencial de delimitar áreas mais seguras para pedestres, ativar espaços públicos evidenciando possibilidades de mudanças e encorajar o Transporte Ativo, impulsionando a caminhabilidade[3] e a vitalidade das ruas.

3.2.2. Iniciativas Temporárias

Dentre as iniciativas temporárias que visam valorizar o Transporte Ativo e reivindicar os desequilíbrios entre oportunidades para pedestres e veículos motorizados são as chamadas Vagas Vivas. A substituição de vagas de estacionamento de rua pela instalação de áreas para permanência, as vagas vivas subvertem seu uso original e funcionam como locais de convívio social e convites para as pessoas usarem o espaço viário destinado originalmente para carros. Segundo, a *National Association of City Transportation Officials* - NACTO (2013), faixas de estacionamento têm o potencial para sediar uma grande variedade de usos além do que é destinado a elas originalmente e impulsionar a vitalidade urbana.

[3] Termo traduzido do inglês “walkability” utilizado para designar o indicador quantitativo e qualitativo para medir o quão convidativa uma área pode ser para os pedestres.

Figura 12: Vaga Viva com duração de dois dias realizada pela arquiteta Aline Barata, Gávea, Rio de Janeiro. **Figura 13:** Park(ing) Day 2016, instalação realizada pelo Laboratório de Intervenções Temporárias e Urbanismo Tático (LabIT/UFRJ), Laranjeiras, Rio de Janeiro.




Fonte: Aline Barata, 2016.

Essas extensões da calçada promovem o uso do espaço público de forma democrática e permitem que a comunidade construa seu próprio espaço de convívio, mesmo que temporariamente. Algumas intervenções podem permanecer por horas, dias, meses ou anos, dependendo da ação. Este é um movimento que teve início em São Francisco, EUA e objetiva denunciar a grande oferta de espaços dedicados aos automóveis e incentivar a apropriação da cidade e a participação social. É importante destacar que nas últimas décadas algumas cidades brasileiras formalizaram a permissão de vagas vivas em forma de decreto, como São Paulo, Rio de Janeiro, entre outras, estimulando o uso do espaço urbano para as pessoas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista do que foi colocado em discussão no presente artigo é possível reconhecer o potencial do Urbanismo Tático em encorajar o Transporte Ativo evidenciando possibilidades de transformação do espaço urbano através de iniciativas táticas. Os exemplos abordados nesse artigo se relevam como convites e incentivos a modos de vida urbanos mais sustentáveis promovendo a proteção e priorização dos modais de transporte à propulsão humana, e maior oferta de oportunidades para as pessoas se apropriarem dos espaços públicos da cidade.

A partir das experiências táticas elencadas nesse trabalho, identificamos diferentes graus de eficácia e podemos considerar as ações Fase 0 como as de maior impacto em relação às iniciativas temporárias, quando nos referimos ao encorajamento do Transporte Ativo. Identificamos também que as iniciativas táticas que se configuram como fase experimental, projetos pilotos e experiências na escala humana podem ser combinadas e conectadas à macro estratégias, configurando impactos duradouros, como rede de praças, ciclovias, entre outras.

Reconhecemos que a participação social tem papel importante nas experiências táticas, e há muito que se refletir sobre a valorização do Transporte Ativo no Brasil e pesquisar sobre as possibilidades de atuação no Urbanismo Tático, de forma a incluir cada vez mais essas ações nas políticas públicas. No entanto, é importante destacar experiências e desejos que indicam o desenvolvimento dessas questões, mesmo que ainda embrionários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE. V., et al. **Transforming Vestergade Vest into a Ludic and Shared-Use Space**. In: Musings – an urban design anthology. Aalborg: Aalborg University Press, 2012.

ASCHER, F. **Os novos princípios do urbanismo**. São Paulo: Romano Guerra, 2010.
BAUMAN, Z. **Modernidade Líquida**. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

FERNANDES BARATA, A.; SANSÃO FONTES, A. **Urbanismo Tático: experiências temporárias na ativação urbana. Belo Horizonte: Fórum Habitar, 2016.**

HARVEY, D. **Cidades Rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana.** 2014 ed. Brasil: Martins Fontes selo Martins, 2014.

_____. **Condição Pós-Moderna: Uma Pesquisa sobre as Origens da Mudança Cultural**. 21. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2011.

IZAGA, F. **BRT no Rio de Janeiro – transformações e mobilidade urbana.** III ENANPARQ - arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva. São Paulo, 2014.

LEFEBVRE, H. De l' État. **4 volumes. Paris: Union Générale d'"Éditions, 1976-1978.**

LYDON, M. **Tactical Urbanism: Short-term Action, Long-term change**, volume 1, 2011. Disponível em: http://issuu.com/streetplanscollaborative/docs/tactical_urbanism_vol.1

LYDON, M.; GARCIA, A. **Tactical Urbanism: Short-term Action for Long-term Change**. Washington: Island Press, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Mobilidade Sustentável**. Governo Federal. Portal Brasil.** Disponível em: http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/mobilidade sustent%C3%A1vel. Acesso em 8 ago 2016.

MOSTAFAVI, M.; DOHERTY, G. (orgs). **Urbanismo ecológico**. São Paulo: Editora G. Gili, 2014.
NACTO (National Association of City Transportation Officials). **Urban Street Design Guide**. New York: Island Press, 2013.

NYCDOT. **Measuring the Street: New metrics for 21st century streets,** 2012. Disponível em: http://www.nyc.gov/html/dot/downloads/pdf/2012-10-measuring-the-street.pdf

NYCPLAZA & NYCDOT. **NYC Plaza Program. Application Guidelines 2016.** Disponível em: http://www.nyc.gov/html/dot/downloads/pdf/nyc-plaza-program-guidelines-2016.pdf

PELEGI, A. **Microrrevoluções urbanas. Bom conselho.** São Paulo: Revista dos Transportes Públicos – ANTP. Ano 38, 2016.

PFEIFER, L. **The Planner's Guide to Tactical Urbanism.** Montreal, 2013. Disponível em: https://reginaurbanecology.files.wordpress.com/2013/10/tuguide1.pdf

SANSÃO FONTES, A. ***Intervenções temporárias, marcas permanentes. A amabilidade nos espaços coletivos de nossas cidades.*** Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: PROURB-FAU/UFRJ, 2011.

_____. **Intervenções temporárias marcas permanentes na cidade contemporânea.** In: Arquiteturarevista. São Leopoldo, v. 8,jan/jun, 2012, p.31-48

SILVA, I. E. M. **Utopia e Silêncio: vida pedestre, imagem e emoção em Brasília.** Revista Cronos. 9 (1), pp. 35-64. Jan/Jun, 2008.

UNHABITAT. **Planning and design for sustainable urban mobility. Global Report on human settlements.** New York: Routledge, 2013.

65. BICICLETAS COMPARTILHADAS E SUSTENTABILIDADE URBANA: OS CASOS DE PASSO FUNDO, WASHINGTON E BARCELONA

SARAIVA, Paola Pol[*1](paolapol.arquitetura@gmail.com); RIBEIRO, Lauro André*[2] *(lauro.ribeiro@imed.edu.br)*

[1] Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola Politécnica da Faculdade Meridional (PPGARQ - IMED), Brasil

[2] Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola Politécnica da Faculdade Meridional (PPGARQ - IMED), Brasil e INESCC, Portugal

**Autor correspondente*

RESUMO

Há uma percepção crescente de que são necessárias novas estratégias para os deslocamentos urbanos, pois os atuais padrões de mobilidade geram sucessivos problemas tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente. Neste contexto, os sistemas de compartilhamento de bicicletas estão ganhando popularidade em cidades do mundo todo. A Prefeitura da cidade de Passo Fundo/RS- Brasil recentemente implementou o sistema “Passo Fundo Vai de Bici”, com o intuito de reduzir o uso do automóvel e contribuir para meta de ser uma cidade mais sustentável. Este trabalho tem por objetivo principal desenvolver um estudo preliminar voltado ao sistema da cidade de Passo Fundo, além de complementá-lo com estudos de outras cidades que possuam sistemas de compartilhamento de bicicletas bem-sucedidos, a fim de entender como estes sistemas contribuem para a sustentabilidade urbana, além de identificar as dificuldades de implantação e aceitação por parte da população. O método utilizado foi o desenvolvimento de um diagnóstico preliminar do sistema de compartilhamento de bicicletas da cidade de Passo Fundo e análise de estudos de caso internacionais na literatura para complementação e comparação. Os resultados mostram que, apesar do sistema ter sido implementado recentemente na cidade brasileira, já se percebe um considerável número total de viagens realizadas e um consequente aumento da acessibilidade para a população local, já que o sistema é totalmente gratuito. Também foi possível identificar quais foram as dificuldades iniciais para implementação do sistema, como por exemplo um grande número de bicicletas furtadas desde o início de sua operação. Com este estudo concluiu-se que iniciativas que promovam a mobilidade ativa, como o caso das bicicletas compartilhadas, tendem a gerar inúmeros impactos positivos e melhorias nos deslocamentos urbanos, saúde dos seus habitantes e imagem da cidade, que passa a ser mais dinâmica e moderna.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; Mobilidade ativa; Bicicletas compartilhadas; Passo Fundo.

BIKE SHARING AND URBAN SUSTAINABILITY: CASES OF PASSO FUNDO, WASHINGTON AND BARCELONA

ABSTRACT

There is an increasing understanding that new strategies for urban displacement are necessary as current mobility patterns generate several problems for both human health and the environment. In this context, bicycle sharing systems are gaining popularity in cities around the world. The city of Passo Fundo/RS- Brazil recently implemented the "Passo Fundo Vai de Bici" system with the aim of reducing car use and contributing to the goal of being a more sustainable city. This paper aims to develop a preliminary study of the bike sharing system of Passo Fundo and compare it with other

cities that have a network of shared bicycles, in order to evaluate how this system influences sustainable urban development, taking into account environmental, social and economic aspects. Moreover, it aims to identify the difficulties of implantation and acceptance by the population. The method used was the development of a preliminary diagnosis of the bicycle sharing system of the city of Passo Fundo and subsequent analysis of international case studies in the literature for complementation and comparison. The results show that, although the system has been recently implemented, a considerable number of trips were already made in the Brazilian city, and an increase of local population accessibility, since the system is completely free. It was also possible to identify the initial difficulties in implementing the system, such as a large number of stolen bikes since the beginning of its operation. With this study, it was possible to conclude that initiatives that promote active mobility, such as bicycle sharing, tend to generate numerous positive impacts and improvements in urban mobility, health of its inhabitants and city image, which becomes more dynamic and modern.
Keywords: Sustainable development; Active mobility; Bicycle sharing; Passo Fundo.

1. INTRODUÇÃO

O termo sustentabilidade vem sendo utilizado em inúmeras áreas com distintos conceitos. No contexto da mobilidade urbana também é possível verificar a utilização deste termo, ou seja, a sustentabilidade pode ser alcançada na mobilidade desde que a mesma proporcione acesso eficiente e igualitário para a sociedade aos espaços urbanos (CAMPOS, 2006).

Neste sentido, há um elevado esforço por parte dos pensadores e corpo técnico das cidades para incentivar novas modalidades de transporte, pois sabe-se que os atuais padrões de deslocamentos geram uma série de adversidades como congestionamentos, acidentes, problemas de saúde, sedentarismo, alterações climáticas, poluição sonora e do ar dentre outras (UNITED NATIONS HABITAT, 2013).

Neste contexto, dentre as diferentes modalidades de transporte que vêm sendo incentivadas, a caminhada e o ciclismo, também conhecidos como mobilidade ativa ou não motorizada vem ganhando destaque em inúmeros locais. São modalidades de deslocamentos que geram menos impactos ao ambiente, são mais acessíveis para a população e mais econômicos se comparados ao transporte particular ou coletivo, abrangendo os três aspectos da sustentabilidade: ambiental, econômico e social. Estas modalidades utilizam menos espaços nas cidades, não necessitam de combustíveis, não produzem ruído e causam uma série de efeitos positivos na saúde pública, além de reduzirem congestionamentos e acidentes de trânsito (BUEHLER; PUCHER, 2012).

Este estudo destacará uma destas alternativas de mobilidade: o uso da bicicleta. Mais precisamente os sistemas urbanos de compartilhamento de bicicletas, que podem ser entendidos como um conjunto de estações estrategicamente posicionadas na cidade, onde a população pode retirar uma bicicleta para realizar suas viagens e devolvê-la na estação desejada (DEMAIO, 2009).

A primeira experiência de implantação das bicicletas compartilhadas ocorreu em 1965, na cidade de Amsterdã, nos Países Baixos, com o objetivo de diminuir o tráfego de automóveis. A proposta era distribuir 20.000 bicicletas na cidade, que foi inicialmente rejeitada pelo poder local. No entanto, apoiadores da ideia decidiram distribuir 50 bicicletas, que logo em seguida foram recolhidas pela polícia local, que alegava que tais bicicletas incitavam furtos. Apesar do insucesso da iniciativa em Amsterdã, a ideia começou a ser replicada e bem aceita em inúmeras cidades da Europa. Na cidade de Copenhague foram implementadas melhorias no funcionamento do sistema para reduzir os casos de furto, uma das maiores dificuldades enfrentadas naquele momento. Esta fase de implantação ficou conhecida como a segunda geração dos sistemas de bicicletas compartilhadas. Já a chamada terceira geração foi desenvolvida em 1998 na cidade de Rennes, na França. Ela foi

marcada pela inserção da tecnologia de cartão inteligente, possibilitando controle das bicicletas em tempo real (IPTD, 2014; DEMAIO, 2009). As últimas inovações nos sistemas de compartilhamento são a presença de placas solares para fornecer energia às estações, estações móveis e uso de cartões universais que possibilitam a integração com outras modalidades de transporte (ITDP, 2014). Atualmente, segundo o mapa mundial desenvolvido por DeMaio (2017), cerca de 1100 cidades no mundo aderiram as bicicletas compartilhadas, contribuindo com a qualidade do ar, o aumento da segurança nas cidades, a dinâmica dos deslocamentos e principalmente com a qualidade de vida da população.
Esta pesquisa busca fazer uma análise inicial do sistema "Passo Fundo vai de Bici", localizado na cidade de Passo Fundo/RS, Brasil e torna-se relevante à medida que cresce a necessidade de reflexão acerca de novas estratégias mais sustentáveis para os deslocamentos urbanos, não somente nas megacidades mas também nas cidades de médio porte, como no caso estudado. Os resultados desta pesquisa podem contribuir para estudos futuros acerca do tema.

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um estudo preliminar do sistema "Passo Fundo Vai de Bici", recentemente inaugurado na cidade de Passo Fundo, analisando-se os dados disponíveis a fim de estudar como o mesmo está contribuindo para um ambiente urbano mais sustentável, destacando-se pontos positivos e identificando atuais e futuros desafios do mesmo, complementado e comparando-o com casos internacionais bem-sucedidos.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa possui caráter qualitativo baseando-se em uma análise comparativa de estudos de caso, já que, segundo Yin (2001), o estudo de caso permite uma compreensão de fenômenos a partir da coleta de dados e análise dos mesmos. Esta pesquisa foi dividida nas seguintes etapas:
Etapa 1: Desenvolvimento de diagnóstico preliminar do sistema "Passo Fundo Vai de Bici" a partir da coleta de dados junto à Prefeitura Municipal de Passo Fundo.
Etapa 2: Desenvolvimento de estudos de caso das cidades de Washington- EUA, que possui o sistema *"Capital Bikeshare"* e da cidade de Barcelona- Espanha, com o sistema *"Bicing"*. Estas cidades foram escolhidas pelo fato de, apesar de possuírem distintas densidades demográficas, servirem como bons exemplos onde se pode extrair conhecimento das experiências passadas pelas mesmas e identificar estratégias exitosas.
Etapa 3: Levantamento de dados para comparação de alguns indicadores comuns na literatura acerca dos sistemas de compartilhamento de bicicletas nas 3 cidades estudadas. Além de um levantamento de iniciativas realizadas nos casos internacionais estudados que podem contribuir para o sucesso do "Passo Fundo Vai de Bici", com a identificação de possíveis desafios futuros, já que as cidade de Washington e Barcelona possuem o sistema em operação a 7 e 10 anos, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Passo Fundo Vai de Bici

A cidade de Passo Fundo está localizada ao norte do estado do Rio Grande do Sul (Brasil) e possui população de aproximadamente 197.700 habitantes (IBGE, 2017). Ela atrai milhares de pessoas por ser considerada polo regional de saúde e educação. Quanto à mobilidade urbana, Passo Fundo

possui cerca de 125.644 veículos motorizados (DENATRAN, 2016), ou seja, um veículo para cada 1,6 moradores. O Plano de Mobilidade de Passo Fundo (2014) mostra que a cidade possui infraestrutura dedicada à mobilidade acima da média nacional, no entanto, enfrenta sérios problemas de congestionamentos e acidentes de trânsito.

Conscientes desta realidade, o poder local implantou o sistema de compartilhamento de bicicletas em maio de 2016, a fim de incentivar a mobilidade ativa e reduzir o uso do automóvel particular. Conforme o site do sistema "Passo Fundo Vai de Bici" (2017), a rede possui um total de 110 bicicletas distribuídas nas 10 estações inseridas na cidade e um total de 150 vagas. Os usuários que possuírem interesse em utilizar o sistema devem realizar um cadastro e posteriormente podem retirar e devolver as bicicletas na estação desejada diariamente das 06h às 22h. As estações de Passo Fundo pertencem à chamada quarta geração do sistema, já que elas possuem totem automatizado para autoatendimento. Cada bicicleta pode ser utilizada por duas horas consecutivas sem nenhum custo.

Segundo relatórios coletados com a Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2017), referentes ao intervalo do dia 12 de maio de 2016 ao dia 20 de janeiro de 2017, cerca e 70% dos usuários do sistema são homens e aproximadamente 65% destes usuários possui faixa etária entre 20 e 40 anos. Quanto à escolaridade, 28% dos usuários possui ensino médio completo e 25% possui ensino superior incompleto. Aproximadamente 30% dos usuários não possui renda, 25% recebe de 1 a 2 salários mínimos mensais e 18% recebe até 1 salário mínimo. Cerca de 73% dos usuários utilizam as bicicletas durante os dias da semana e 48% utilizam no intervalo do meio-dia até às 18 horas, com um tempo médio de 27 minutos por viagem.

Até o dia 20 de janeiro de 2017 foram percorridos 275.803 km com as bicicletas pertencentes ao sistema e um total de viagens realizadas de 57.145, ou seja, uma média de 225 viagens diárias.

Os relatórios gerados pela Prefeitura Municipal (2017), utilizados como forma de publicidade pela mesma, estimam que com estas viagens sendo realizadas de bicicletas estejam sendo poupados cerca de 216.200 kg de CO_2, ou seja, o equivalente a 145.330 km percorridos a menos por automóveis movidos a combustíveis de origem fóssil. Porém, não é possível afirmar cientificamente que este resultado esteja realmente coerente, já que não é correto afirmar que todas as pessoas que utilizaram a bicicleta para se deslocar iriam utilizar um automóvel ou qualquer outro veículo motorizado, no caso de não terem acesso ao sistema de compartilhamento de bicicletas. No entanto, pode-se destacar que outros estudos já foram desenvolvidos acerca deste tema, utilizando-se algumas ferramentas de Avaliação Pós Ocupação (APO), onde foram aplicados questionários em 100 usuários do "Passo Fundo Vai de Bici", constatando-se que 25% dos mesmos estão substituindo viagens de transporte público e 25% estão substituindo viagens de carro particular (SARAIVA; MUSSI; RIBEIRO, 2017). Com isso, pode-se constatar que há contribuições para o aumento na qualidade do ar e a redução dos congestionamentos, no entanto, estas contribuições não podem, ainda, ser quantificadas com precisão.

Também, segundo os dados coletados junto a Prefeitura Municipal de Passo Fundo até o dia 20 de janeiro de 2017, haviam aproximadamente 20.000 usuários cadastrados no sistema, o que aponta para uma aceitação e grande interesse por parte da população passofundense quanto ao sistema de bicicletas compartilhadas.

Quanto aos aspectos sociais, destaca-se que as bicicletas estão disponíveis para toda a população, ou seja, proporcionando uma maneira fácil e rápida de se deslocar na cidade. Além disso, por ser um programa gratuito, as bicicletas aumentam as chances de acessibilidade para a população de baixa renda e contribuem para aspectos econômicos, já que reduzem os custos diários em deslocamentos, seja para aqueles que dependem do transporte público ou para aqueles que dependem de automóvel particular e estão optando pela substituição.

Com relação à saúde pública, sabe-se que andar de bicicleta gera inúmeros benefícios, reduzindo custos com tratamentos de doenças cardiovasculares e pulmonares, ou com a obesidade e sedentarismo, além disso, a ONU (2003) destaca que aproximadamente a cada US$ 1 dólar investido na promoção de atividade física pode-se evitar o gasto de cerca de US$ 3 dólares em tratamentos de saúde.
Como principais dificuldades destaca-se que Passo Fundo possui uma área central sobrecarregada onde concentram-se a maior parte dos estabelecimentos comerciais e de serviços, ou seja, uma parcela significativa da população necessita deslocar-se diariamente para estas áreas para trabalhar ou realizar suas atividades. Pode-se dizer que 50% das estações da cidade estão localizadas na área central, ou seja, o sistema ainda não atinge as áreas mais periféricas, já que atualmente o sistema conta com somente 10 estações e está em fase inicial. Constatou-se também alguns casos de furto ou abandono em locais inapropriados das bicicletas pertencentes ao sistema, refletindo uma das maiores dificuldades, apontam alguns jornais locais como o Diário da Manhã, que noticiou furtos ainda na fase experimental do sistema (CRIVELLO; ZORZETTO, 2016).

4.2 Capital Bakeshare- Washington

A cidade de Washington, D.C. (Distrito de Colúmbia) é a capital dos Estados Unidos e situa-se a leste do país. Ela possui população de aproximadamente 658 mil habitantes e destaca-se por abrigar as importantes sedes do governo americano. Quanto à mobilidade, a maior parte das famílias em Washington possuem 1 carro e 36,1% da população utiliza transporte público para realizar seus deslocamentos, seguidos pelos 35,1% que utilizam carro particular (DATAUSA, 2016).
Em 2008 uma parceria público-privado lançou o primeiro sistema de compartilhamento de bicicletas totalmente automático do país, o chamado *Smartbike*. O sistema piloto contava com 10 estações e um total de 120 bicicletas espalhadas pela cidade. No entanto, a ideia não foi bem aceita pela população pelo fato de a rede ser muito pequena e o número de bicicletas ser insuficiente, além de as estações terem sido posicionadas muito distantes umas das outras (ITDP, 2014).
O Distrito de Columbia decidiu reformular todo o sistema e em 2010 o *Smartbike* foi substituído pelo *Capital Bikeshare*, que continha 1.100 bicicletas distribuídas em 116 estações disponíveis 24 horas por dia. As estações eram totalmente sem fio e alimentadas por energia solar. Para utilização das bicicletas os usuários cadastravam-se e recebiam pelo correio um cartão magnético (ITDP, 2014).
Atualmente, o sistema conta com mais de 400 estações contendo cerca de 3500 bicicletas. Segundo dados fornecidos pelo site *Capital Bikeshare* (2016), em outubro de 2015, o total de viagens realizadas foi de 318.811 e um total de 923.645,97 quilômetros percorridos.
Capital Bikeshare (2016), aponta que os usuários podem cadastrar-se para utilizar o sistema por um dia, três dias, um mês ou um ano. A primeira meia hora de cada viagem é grátis e para cada período subsequente de 30 minutos são cobradas taxas adicionais. Através do site é possível acompanhar a situação em cada uma das estações em tempo real, além disso, o site também disponibiliza o mapa de ciclovias da cidade, trilhas, rotas existentes e outras informações que podem contribuir para a segurança dos usuários. Por fim, o *Capital Bikeshare* não fornece capacete para os usuários, no entanto, aconselha que os mesmos adquiram um próprio, como incentivo, os usuários cadastrados no sistema recebem 10% de desconto na compra de capacetes e acessórios para andar de bicicleta.
Em uma pesquisa de satisfação realizada em novembro de 2014 com 4.314 membros do *Capital Bikeshare,* constatou-se que as principais dificuldades dos usuários estavam relacionadas a longa distância entre algumas estações e áreas que careciam de estações ou mais bicicletas. A empresa responsável utilizou-se desta pesquisa para expandir a rede, aumentando a densidade em algumas estações e implantando estações em áreas não abrangidas pelo sistema (CAPITAL BIKESHARE,

2014). Nesta pesquisa constatou-se que os motivos das viagens são principalmente para atividades pessoais, no entanto, 36% dos usuários declararam utilizar as bicicletas para deslocarem-se a trabalho seis ou mais vezes por mês. Também constatou-se que as bicicletas são muito utilizadas para complementar viagens de metrô e ônibus e a maioria dos usuários interessa-se pela criação de um mesmo cartão que lhes permita acesso às bicicletas e também às outras modalidades de transporte público. Verificou-se que 40% dos usuários que utilizam as bicicletas estão substituindo o transporte público, 37% estão substituindo caminhadas e que somente 6% substituem o veículo particular (já que 43% dos entrevistados não possuem carro particular), 6% estão substituindo o taxi e apenas 5% substituem o uso de bicicleta particular.

Com relação aos impactos ao meio ambiente, um dado de destaque nesta pesquisa é que 8% dos membros do sistema venderam seus veículos particulares após começarem a utilizar as bicicletas e destes, 81% afirmam que o *Capital Bikeshare* foi um fator decisivo para o desejo de vender o veículo. Também constatou-se que 25% dos usuários entrevistados reduziram suas quilometragens percorridas de automóvel, sendo que a redução média foi de 254 km por ano.

Quanto aos aspectos econômicos, os entrevistados afirmaram economizar cerca de US$ 13,00 por semana em transporte, ou seja, cerca de US$ 710 ao longo do ano. Também constatou-se que os usuários das bicicletas dirigiam cerca de 2.830 milhas em automóveis por ano antes de ingressar no sistema, e após começarem a utilizar as bicicletas esta distância foi reduzida para 2.672 milhas, cerca de 158 milhas a menos, refletindo na economia de combustível.

O sistema *Capital BikeShare* atinge uma parcela significativa da população local e 80% dos usuários declararam que utilizam as bicicletas por ser a maneira mais fácil e rápida de chegarem aos seus destinos. Também 80% dos entrevistados afirmaram utilizar bicicleta para deslocarem-se com mais frequência após a implantação do sistema.

Quanto às principais reclamações dos usuários constatadas na pesquisa, 35% dos mesmos declararam já ter tido problemas mecânicos com as bicicletas, 34% tiveram problemas com a falta de vagas para devolver a bicicleta e 28% tiveram problemas com o cartão magnético (CAPITAL BIKESHARE, 2014).

4.3 *Bicing*- Barcelona

A cidade de Barcelona localiza-se na Espanha e é a capital da Catalunha. Ela possui cerca de 1.611.800 habitantes e é considerada o maior centro industrial do país (AJUNTAMENT DE BARCELONA, 2016). Desde o ano de 2007 a cidade tem operado um dos maiores sistemas de compartilhamento de bicicletas do mundo chamado *Bicing*. Ele é gerido e mantido pela Câmara bicicletas distribuídas nas cerca de 420 estações. Um grande diferencial é que Barcelona também possui bicicletas elétricas, distribuídas em 46 estações, que complementam o sistema de compartilhamento e facilitam viagens mais longas e percursos em áreas com topografia mais íngreme. No entanto, para utilização destas bicicletas são cobradas taxas diferenciadas.

Segundo o site do *Bicing* (2017), os primeiros trinta minutos de cada viagem são incluídos na taxa paga no momento do cadastro e válido por um ano, excedido este tempo são cobradas taxas adicionais. As viagens podem durar no máximo duas horas e os usuários retiram e devolvem as bicicletas através de cartão magnético e totem automatizado para autoatendimento.

As bicicletas podem ser utilizadas de segunda a quinta-feira das 05h às 02h e fora desta janela de tempo elas somente podem ser devolvidas. Nas sextas-feiras podem ser utilizadas de 05h às 03h e aos sábados e domingos o serviço funciona 24 horas.

A maioria das estações *Bicing* está localizada próxima as entradas das estações de metrô, trem e estacionamentos públicos. O site do *Bicing* disponibiliza mapa com a localização de todas as estações, incluindo as das bicicletas elétricas, onde se pode acompanhar a situação em tempo real de cada uma delas, ou seja, número de bicicletas e vagas disponíveis. Em relação às bicicletas

elétricas, elas possuem um motor que necessita que o usuário pedale para carregar, elas podem atingir uma velocidade máxima de 20 km/h.
Também segundo o site do *Bicing* (2016), em outubro de 2016 haviam sido realizadas 1.327.460 viagens e um total de 10.656.181 viagens realizadas somente no ano de 2016. Percorre-se cerca de 600 km por bicicleta por mês.
Em uma pesquisa de satisfação realizada com os usuários, os dois maiores problemas detectados foram a impossibilidade de encontrar uma bicicleta quando o usuário deseja iniciar sua viagem devido a ausência de bicicletas e a impossibilidade de deixar a bicicleta na estação desejada devido a ausencia de vagas livres. Neste sentido, o sistema *Bicing* possui furgões para redistribuição das bicicletas quando determinadas estações estão cheias ou vazias. Os usuários podem solicitar a redistribuição por telefone quando observarem estas situações, no entanto ná prática, os usuários não esperam pela chegada dos furgões e acabam desistindo ou tendo que caminhar até outra estação, já que os furgões não possuem horário fixo nem garantem um tempo de resposta máximo (KALTENBRUNNER et al., 2010).

4.4 Dados comparativos

A seguir, na Tabela 1 são apresentados os principais indicadores das 3 cidades estudadas neste artigo.

Tabela 1. Dados gerais para comparação entre os sistemas de compartilhamento de bicicletas

Sistema / Dados	Passo Fundo Vai de Bici Passo Fundo	Capital Bike Share Washington	Bicing Barcelona
Data de início da operação	Maio de 2016 [a]	Setembro de 2010 [d]	Março de 2007 [d]
Área de cobertura (Raio de 500m entorno de cada estação)	5,7 km² [b]	57 km² [d]	42km² [d]
Número de estações	10 [a]	400 [e]	420 [g]
Número de bicicletas	110 [a]	3.500 [e]	6.000 [g]
Densidade das estações	1,75 [b]	4,2 [d]	10,3 [d]
Número de usuários cadastrados	19.723 [a]	31.700 [e]	103.330 [g]
População da área de cobertura	1.440 [b]	225.894 [d]	652.433 [d]
Número de viagens por dia por bicicletas	2,2 [b]	4 a 5 em média no verão [f]	5,5 em média ao ano [g]
Operadora	Mobhis Automação Urbana [a]	*Alta Bicycle Share* [d]	*Clear Channel* e cidade de Barcelona [d]
Custo Inicial	R$ 400.000 [c]	US$ 5.000.000 [e]	€ 15.900.000 [h]
Receita	Prefeitura Municipal de Passo Fundo [c]	Taxas de adesão e utilização e publicidade [e]	Taxas de adesão e utilização e publicidade [g]

Fontes: a. PASSO FUNDO VAI DE BICI, 2017
b. DESENVOLVIDO PELOS AUTORES, 2017
c. PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO, 2016
d. ITDP, 2014
e. CAPITAL BIKE SHARE, 2016
f. FISHMAN, 2015
g. BICING, 2017
h. BARCELONA, 2009

Com estes dados é possível analisar as grandes diferenças entre as 3 cidades. As escalas, densidades e áreas de cobertura dos sistemas de compartilhamento de bicicletas são distintas, no entanto, quanto ao número de usuários cadastrados no sistema, Passo Fundo e Washington não estão distantes, considerando-se a densidade demográfica em cada uma destas cidades. Este elevado número de usuários cadastrados na cidade de Passo Fundo reforça a necessidade de ampliação do sistema existente.
Também é importante destacar as grandes diferenças de valores correspondentes aos investimentos iniciais nas 3 cidades, já que isso reflete-se na infraestrutura e eficiência do serviço ofertado. Além disso, nas cidades internacionais estudadas, o serviço não é gratuito e os usuários acabam contribuindo para a geração de receita para a manutenção e ampliação dos sistemas, o que não ocorre na cidade brasileira, já que atualmente a Prefeitura Municipal de Passo Fundo arca com todos os custos existentes.

4.5 Levantamento de iniciativas e estratégias compatíveis

A partir da análise dos estudos de caso dos sistemas implantados em Washington e Barcelona foi possível detectar algumas estratégias que podem ser replicadas na cidade de Passo Fundo a fim de aumentar a eficiência do sistema "Passo Fundo Vai de Bici". Dentre elas destacam-se:

- A possibilidade de parcerias entre o governo local e empresas privadas, como por exemplo, a possibilidade de as empresas utilizarem as paradas de ônibus da cidade ou as próprias estações para publicidade poderiam gerar o recolhimento de recursos para contribuir para a manutenção do sistema. Também quanto à parceria entre governo local e empresas, a exemplo de Washington, poderiam ser realizadas parcerias com lojas de bicicletas e acessórios presentes na cidade, promovendo descontos na compra de capacetes e itens para ciclismo. Esta ação poderia reforçar hábitos mais saudáveis de mobilidade junto à população da cidade.
- A disponibilidade de algumas bicicletas elétricas, como acontece em Barcelona, poderia potencializar o uso do sistema, já que a cidade de Passo Fundo possui áreas com topografia acidentada que se apresentam como obstáculos para viagens de bicicleta.
- Pesquisas de satisfação como as aplicadas em Washington e Barcelona, poderiam ser replicadas em Passo Fundo com o intuito de reconhecer as principais dificuldades percebidas pelos usuários na utilização do sistema, e a partir daí, desenvolver estratégias de melhorias.
- A disponibilidade de informações nos sites tanto do *Capital Bikeshare* quanto do *Bicing* mostrou-se uma importante ferramenta para os usuários. A cidade de Passo Fundo poderia investir neste aspecto, fornecendo maiores informações acerca da rede cicloviária existente na cidade, das melhores rotas para viagens de bicicleta, das estações mais utilizadas em cada mês e de dados gerais acerca do uso das bicicletas, potencializando o sistema local.
- Os projetos de ampliação da rede de bicicletas compartilhadas deve ser desenvolvido em conjunto com a ampliação da rede cicloviária, com o objetivo de facilitar as viagens dos usuários e garantir uma maior segurança dos mesmos.

5. CONCLUSÃO

Objetivando fazer um estudo inicial e buscar comparações e soluções compatíveis para o caso da cidade de Passo Fundo, além de analisar algumas contribuições provenientes das bicicletas compartilhadas na sustentabilidade urbana, com os resultados deste artigo foi possível perceber alguns avanços quanto a soluções empregadas que potencializaram o uso das bicicletas e a aceitação por parte da população nas cidades de Washington e Barcelona, como as pesquisas de satisfação e as parcerias com empresas privadas.

Além disso, pode-se destacar que, nos casos internacionais estudados os benefícios gerados pela implantação dos sistemas de compartilhamento de bicicletas são mais visíveis, tanto nos aspectos ambientais quanto nos aspectos sociais e econômicos, já que uma série de pesquisas já foram realizadas e foi possível quantificar alguns dados que comprovam estas contribuições. Neste sentido, pode-se afirmar que há uma redução dos problemas acarretados pela valorização do automóvel e um significativo aumento na qualidade de vida da população nestas cidades.
No caso de Passo Fundo, é importante destacar que o sistema "Passo Fundo Vai de Bici" está em funcionamento a cerca de 10 meses e é ainda uma novidade para a região, já que no estado do Rio Grande do Sul somente a capital Porto Alegre e a cidade estudada neste artigo possuem o sistema em operação. No entanto, é possível afirmar que a iniciativa tem transformado a mobilidade na cidade, mesmo que ainda não existam dados quantitativos que permitam medir o quanto o sistema contribui para a sustentabilidade local, mesmo assim, já se percebem melhorias na imagem e dinâmica da cidade. Por este motivo, são necessárias muitas pesquisas e maiores investimentos para que o mesmo possa expandir e atingir uma maior parcela da população passofundense, transformando a bicicleta num importante modal de transporte para cidade.
Por fim, pode-se observar que existem inúmeros exemplos exitosos pelo mundo e muitas das estratégias utilizadas por outras cidades podem inspirar as estratégias para a cidade de Passo Fundo, desde que sejam adaptadas para a realidade local e visem otimizar o sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJUNTAMENT DE BARCELONA. Departament d'estadística. Disponível em: <http://www.bcn.cat/estadistica/castella/>. Acesso em 22 de novembro de 2016.

BARCELONA. Prevenció, Seguretat i Mobilitat. Bicing: public bikes in Barcelona. Barcelona, [2009]. Disponível em: <edoc.difu.de/edoc.php?id=5124px6g>. Acesso em: 07 de março de 2017.

BICING. Disponível em: https://www.bicing.cat/es/informacion/informacion-del-sistema>. Acesso em 07 de março de 2017.

BUEHLER; Ralph, PUCHER, Jonh. Walking and Cycling in Western Europe and United States. TR News. V. 280, p. 34-42, maio/ junho de 2012.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. Uma visão da mobilidade sustentável. Revista dos Transportes Públicos. São Paulo, ANTP, V. 2, p. 99-106, 2006.

CAPITAL BIKESHARE. Disponível em: <http://cabidashboard.ddot.dc.gov/cabidashboard/#Ridership/StartDate=31/05/2015EndDate=31/10/2015PubDate=31/10/2015>. Acesso em 26 de outubro de 2016.

CAPITAL BIKESHARE. Member Survey Reporter. 2014. Disponível em: <http://www.capitalbikeshare.com/assets/pdf/cabi-2014surveyreport.pdf>. Acesso em 26 de outubro de 2016.

CRIVELLO, Liliana; ZORZETO, Andressa. Bicicletas compartilhadas e monitoradas. Disponível em: <http://www.diariodamanha.com/noticias/ver/19913/Bicicletas+compartilhadas+e+monitoradas>. Acesso em 22 de novembro de 2016.

DATAUSA. Disponível em: <https://datausa.io/profile/geo/washington-dc/#wages>. Acesso em 25 de outubro de 2016.

DEMAIO, Paul. Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future. Journal Of Public Transportation, Tampa, Florida, V. 12, n. 4, p.41-56, 2009.

DEMAIO. The Bike- sharing World Map. Disponível em:<http://www.metrobike.net/the-bike-sharing-world-map/>. Acesso em 15 de março de 2017.

DENATRAN. Frota de veículos por município. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/237-frota-veiculos>. Acesso em 01 de março de 2017.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População de Passo Fundo. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431410/>. Acesso em 13 de março de 2017.

ITDP- Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. Guia de Planejamento de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas, 2014. Disponível em: <https://www.itdp.org>. Acesso em 10 de setembro de 2016.

FISHMAN, Elliot. Bikeshare: A Review of Recent Literature. Transport Reviews, V. 36, n. 1, p.92-113, abril de 2015.

KALTENBRUNNER, Andreas et al. Urban cycles and mobility patterns: Exploring and predicting trends in a bicycle-based public transport system. Pervasive And Mobile Computing, V. 6, n. 4, p.455-466, 2010.

ONU- Organização das Nações Unidas. Relatório da Força Tarefa entre Agências das Nações Unidas sobre o Esporte para o Desenvolvimento e a Paz. Disponível em: <http://www.esporte.gov.br/arquivos/publicacoes/esporteParaDesenvolvimentoPaz.pdf>. Acesso em 07 de março de 2017.

PASSO FUNDO- Prefeitura Municipal. Plano Diretor de Mobilidade de Passo Fundo. Passo Fundo/RS, Brasil, 2014.

PASSO FUNDO- Prefeitura Municipal. Relatórios mensais do Passo Fundo Vai de Bici. Passo Fundo/RS, Brasil, 2017.

PASSO FUNDO VAI DE BICI, 2017. Disponível em: <http://pfvaidebici.mobhis.com.br>. Acesso em 07 de de março de 2017.

SARAIVA, Paola Pol; MUSSI, Andrea Quadrado; RIBEIRO, Lauro André. Caracterização, padrão de deslocamento e percepção dos usuários do sistema de compartilhamento de bicicletas “Passo Fundo Vai de Bici”. In: V Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2017, Florianópolis, Anais... Florianópolis: UFSC, 2017 (aceito para publicação).

UNITED NATIONS HABITAT. Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Global Report on Human Settlements. Disponível em: < http://unhabitat.org/>. Acesso em 10 de outubro de 2016.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ªed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

115. PERCEPÇÃO DOS PEDESTRES SOBRE A QUALIDADE DA MICROACESSIBILIDADE

PIRES, Isabela Batista[1](isabelaba@gmail.com); ROSSETTO, Heloísa de Freitas Zanella*[2](heloisa_zanella@hotmail.com); BASSO, Fábio Albert[2](fabioalbertbasso@yahoo.com.br); MAGAGNIN, Renata Cardoso[1](magagnin@faac.unesp.br); FARIA, Obede Borges[1] (obede.faria@gmail.com)*

[1]Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP-PPGARQ), Brasil

[2]Universidade Paulista (UNIP), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

Este artigo visa identificar o nível de satisfação dos pedestres em relação à microacessibilidade em um percurso entre ponto de ônibus e Shopping, na cidade de Bauru (SP). A metodologia consistiu na aplicação de entrevista estruturada, a pedestres e usuários de transporte público. Os critérios avaliados foram: a qualidade de calçadas, pontos de ônibus e travessias. Os resultados evidenciaram que aspectos de conforto relacionados aos pontos de ônibus obtiveram pior avaliação, enquanto aspectos de segurança associados às travessias foram melhor classificados. Em relação às calçadas, os problemas apontados também se relacionaram a fatores de conforto. Estes resultados podem auxiliar os gestores públicos municipais na proposição de ações efetivas para melhorar a caminhabilidade local, tornando este percurso mais seguro aos pedestres. A metodologia utilizada pode ser replicada para identificar o nível de satisfação dos usuários em relação a infraestrutura destinada ao pedestre de outros recortes espaciais.

Palavras-chave: Percepção do usuário; Infraestrutura de pedestres; Microacessibilidade; Mobilidade urbana.

PEDESTRIANS PERCEPTION ABOUT THE QUALITY OF MICROACCESSIBILITY

ABSTRACT

This paper aims to identify pedestrians' level of satisfaction in relation to micro accessibility in a route between bus stop and Shopping, in the city of Bauru (SP). The methodology consisted in the application of a structured interview to pedestrians and users of public transport. The criteria evaluated were: quality of sidewalks, bus stops and crossings. The results showed that aspects of comfort related to the bus stops obtained the worse evaluation, while security aspects associated to crossings were better classified. In relation to sidewalks the mentioned problems were also related to comfort factors. These results can help municipal public managers in proposing effective actions to improve local walkability by making this route safer for pedestrians. The methodology used can be replicated to identify users level of satisfaction in relation to pedestrians infrastructure in others spatial cuts.

Keywords: User perception; Pedestrian infrastructure; Micro accessibility; Urban mobility.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas nota-se um aumento significativo de estudos relacionados à mobilidade e a acessibilidade urbana (VILLAROUCO, 2011). Estes conceitos visam estudar meios de

deslocamento mais sustentáveis, pois quando ineficientes, influenciam no aumento do número de automóveis e motocicletas, resultando em congestionamentos e acidentes que prejudicam a qualidade de vida dos habitantes (MAGAGNIN, 2009). Um dos aspectos relacionados à mobilidade urbana refere-se à infraestrutura destinada aos pedestres. Na maioria das cidades brasileiras é fácil identificar problemas relacionados a essa infraestrutura, dentre os quais destacamos: pisos esburacados, obstáculos nas calçadas e inclinações excessivas. O caminhar deixou de ser aprazível, seguro e confortável. Em muitas cidades, os pedestres competem por espaço com veículos privados e outros meios de transporte nas ruas e até nas calçadas (AMÂNCIO; SANCHES; FERREIRA, 2005).

Diante tais problemas fica evidente a necessidade das cidades promoverem acessibilidade e inclusão social, pois ainda que existam leis e normas técnicas acerca desta temática, o cidadão não possui garantias de ter espaços acessíveis (MAGAGNIN; PRADO; VANDERLEI, 2014).

A acessibilidade pode ser avaliada sob diferentes escalas: micro, regional e inter-regional. A microescala - objeto desse artigo, é afetada pelas condições físicas do pedestre e pela qualidade da infraestrutura ofertada das vias (LITMAN, 2009). Esta definição é complementada por Vasconcellos (2001), que utiliza as terminologias macroacessibilidade e microacessibilidade para avaliação do espaço urbano. Para o autor, macroacessibilidade é a facilidade de circular pela cidade e alcançar o destino desejado, seja através do modo a pé, por bicicleta, transporte público ou privado, enquanto microacessibilidade é a facilidade de acesso ao veículo ou destino desejado e pode ser mensurada pelo tempo de acesso ao veículo e tempo de acesso ao destino final; ela pode ser compreendida como a distância percorrida a pé, entre o início e o final de um percurso ou trajeto – ex. trajeto entre ponto de ônibus e residência – e corresponde ao conforto dos pedestres nestas viagens.

Nanya (2016) divide os atributos do espaço público entre macro escala e micro escala. Segundo a autora, a macro escala avalia os fatores de desenho urbano como densidade e uso do solo, em análises realizadas por unidades de área, e a micro escala analisa os elementos da infraestrutura física viária na escala do pedestre. Estes fatores podem ser: distância a ser percorrida, comodidade, condições físicas das calçadas (dimensões, materiais de revestimento e estado de conservação), topografia do terreno e facilidade de atravessar as vias no trajeto, por exemplo, e interferem na qualidade da acessibilidade do pedestre (microacessibilidade) e afetam as viagens realizadas a pé (VASCONCELLOS, 2001).

Estas características da microacessibilidade podem ser tratadas como indicadores de desempenho do espaço urbano (FERRAZ; TORRES, 2004; FONTENELLE et al, 2008) e são classificadas como categorias relacionadas a segurança, seguridade, conforto, conectividade e estética (ou atratividade), entre outros aspectos.

Diversos trabalhos foram elaborados para determinar quais fatores do ambiente construído interferem nas viagens a pé (DIXON, 1996; FERREIRA; SANCHES, 2001; KHISTY, 1994; SARKAR, 2003). Contudo, na grande maioria, estas pesquisas desconsideram a opinião do pedestre, no entanto, Amâncio; Sanches; Ferreira (2005) afirmam que a melhor forma de avaliar o nível de satisfação dos pedestres em relação ao espaço público ou à infraestrutura é por meio de pesquisas de opinião.

A percepção do usuário se dá através de estímulos psicológicos que geram atitudes, de acordo ou desacordo, passíveis de mensuração para deduzir o comportamento dos indivíduos. Neste caso, pode-se utilizar uma escala de atitude onde os fenômenos medidos são representados de acordo com suas propriedades ou qualidades (FERREIRA; SANCHES, 2001).

Alguns autores realizaram pesquisa de opinião com usuários para avaliação da infraestrutura de pedestres (AMÂNCIO; SANCHES; FERREIRA, 2005; FONTENELLE et all, 2008; ABREU;

PEREIRA, 2011; MAGAGNIN; CHIKITANI; SANDRINI, 2011; MAGAGNIN; FONTES; SALCEDO, 2014) e identificaram que características físicas relacionadas ao conforto, à segurança pública, à seguridade e à atratividade são os principais problemas do ambiente construído.

2. OBJETIVO

Este artigo visa identificar o nível de satisfação dos pedestres em relação à microacessibilidade em um percurso entre ponto de ônibus e *Shopping Center*.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Objeto de estudo

O estudo de caso foi realizado no município de Bauru, localizado na região centro-oeste do Estado de São Paulo. O público alvo desta pesquisa foram pedestres (inclusive usuários de transporte público) que frequentam o Bauru *Shopping*. Para realizar a avaliação determinou-se um percurso no entorno de um *shopping* da cidade. Este trajeto foi definido a partir de observação em campo do fluxo de pedestres em direção ao local em horários de pico.

O recorte espacial está situado no entorno do Bauru *Shopping*, localizado no Bairro Vila Cidade Universitária, região sul da cidade. A rota onde a pesquisa foi aplicada possui dez quarteirões e inicia no ponto de ônibus próximo à Praça da Paz, na Av. Nações Unidas, até a portaria do Bauru *Shopping* (Figura 1).

Figura 1. Mapa da localização do município no Estado de São Paulo e da área de estudo (sem escala)



3.2 Instrumentos de avaliação

Para a identificação da percepção dos pedestres em relação à microacessibilidade foi utilizada entrevista estruturada, aplicadas em maio de 2016, a uma amostra de 100 pessoas. Do total desta amostra, 40% corresponderam a jovens, 45% a adultos e 15% a idosos.

A partir de estudos realizados por Amâncio (2005), Keppe Junior (2007), Ferreira e Sanches (2001) e Prado (2016) sobre a qualidade dos temas calçadas, travessias e pontos de ônibus foram selecionados parâmetros físicos e geométricos a serem questionados junto aos pedestres. Estes parâmetros, indicadores de desempenho do ambiente construído, foram divididos em quatro categorias: atratividade, conforto, segurança e seguridade (Tabela 1).

Para a definição destas categorias adotou-se o conceito dado por Khisty (1994) que define a

atratividade não apenas como a estética do ambiente, mas uma junção de conforto, conveniência e agradabilidade. O conforto pode tratar tanto de conforto climático como de limpeza das ruas, condições da superfície de caminhada e sombreamento das vias. A segurança dos pedestres é relativa à redução de conflitos entre pessoas e veículos, facilidade de locomoção no espaço e separação adequada entre o tráfego e os pedestres, enquanto a seguridade relaciona-se a ambientes com boa visibilidade e bem iluminados.

Tabela 1. Aspectos a serem investigados junto aos pedestres

	Conforto	**Atratividade**	**Seguridade**	**Segurança**
Calçadas	Largura efetiva Condição do piso Aderência da superfície Inclinação transversal	Arborização	Iluminação pública	Equipamentos nas travessias
Pontos de ônibus	Largura efetiva Qualidade dos bancos Qualidade da cobertura Informações horários e linhas	---	---	Equipamentos nas travessias;
Travessias	Condição do piso	---	---	Tempo de travessia Visão de aprox. veículos

A partir das características físicas selecionadas foram elaboradas dezessete questões fechadas, de múltipla escolha, onde os entrevistados deveriam avaliar a qualidade das calçadas, das travessias e dos pontos de ônibus utilizando uma escala de 1 a 5, sendo o valor (1) péssimo, (2) ruim, (3) regular, (4) bom e (5) ótimo. Optou-se pela inserção do item "Não Avalia" em função dos pedestres que não utilizam transporte público e são incapazes de avaliar os critérios relacionados aos pontos de ônibus.

As questões relacionadas as características das calçadas foram: 1) *largura disponível para circulação na calçada*; 2) *condição do piso da calçada (qualidade da manutenção)*; 3) *aderência da superfície do piso da calçada*; 4) *qualidade da arborização*; 5) *qualidade da iluminação pública*; 6) *variação do perfil transversal das calçadas*; e 7) *qualidade dos equipamentos, sinalizações e facilidades nas travessias (rebaixos de calçada)*.

Aquelas referentes as características dos pontos de ônibus foram: 1) *largura disponível para circulação nas calçadas em frente ao ponto de ônibus*; 2) *qualidade das informações sobre os horários das linhas no painel informativo do ponto de ônibus*; 3) *qualidade das informações sobre as linhas de ônibus no painel informativo do ponto de ônibus*; 4) *qualidade dos equipamentos, sinalizações e facilidades nas travessias próximas ao ponto de ônibus*; 5) *qualidade dos bancos no ponto de ônibus*; 6) *qualidade da cobertura do ponto de ônibus em relação à proteção contra chuva*; e 7) *qualidade da cobertura do ponto de ônibus em relação ao sombreamento*.

Em relação as características das travessias as questões foram: 1) *condição piso do leito carroçável nas áreas de travessia de pedestres (qualidade da manutenção)*; 2) *tempo disponível para a travessia de pedestres nos semáforos*; e 3) *visão da aproximação dos veículos na travessia*.

O Método da Avaliação Multicritério, através do método de escala de 5 pontos, foi utilizado para interpretar as respostas dos entrevistados, pois permitiu a avaliação de múltiplos critérios (MAGAGNIN, 2008). Este método utiliza graus de preferência de cada avaliador a partir de uma escala de cinco níveis de importância. A análise dos resultados, neste método, é realizada por meio da normalização das questões (critérios). Estas foram transformadas em indicadores para que em seguida fossem calculados os valores médios de cada uma, por avaliador, para tornar possível sua

classificação em uma escala de 0 a 1 ponto, onde os valores próximos de 0 são as piores avaliações e os próximos de 1 as melhores avaliações. Por fim, foi realizado um ordenamento que permitiu identificar o grau de satisfação dos usuários em relação aos critérios avaliados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção é apresentada a análise dos resultados das entrevistas, para identificar o nível de satisfação dos usuários quanto à microacessibilidade do recorte espacial estudado. A Tabela 2 apresenta os indicadores (agrupados por tema, com as respectivas classificações por categorias) com os valores da avaliação final das entrevistas e seu correspondente ordenamento parcial (ordem dos indicadores por Tema) e ordenamento geral. A Figura 6 mostra a avaliação dos indicadores agrupados por categoria.

Tabela 2. Ordenamento dos indicadores (classificação pior-melhor)

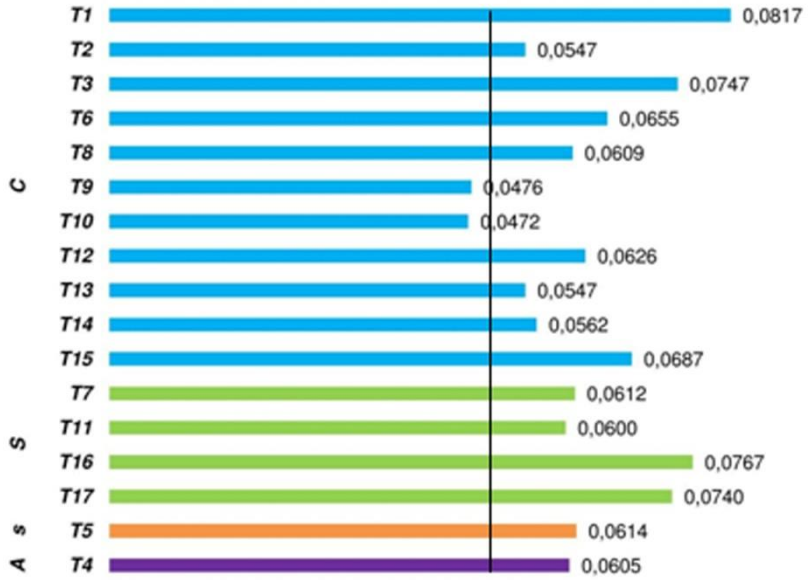
Temas		Indicadores		Valor final	Ordenamento	
					Parcial	Geral
Calçadas	C	T1	Largura efetiva da calçada	0,0817	7	17
	C	T2	Condição do piso da calçada	0,0547	1	4
	C	T3	Aderência da superfície	0,0747	6	15
	A	T4	Qualidade da arborização	0,0605	2	7
	s	T5	Qualidade da iluminação pública	0,0614	4	10
	C	T6	Variação do perfil transversal da calçada	0,0655	5	12
	S	T7	Qualidade dos equipamentos nas travessias	0,0612	3	9
Pontos de ônibus	C	T8	Largura efetiva da calçada no ponto de ônibus	0,0609	6	8
	C	T9	Informações sobre horários no painel informativo	0,0476	2	2
	C	T10	Informações sobre linhas no painel informativo	0,0472	1	1
	S	T11	Qualidade dos equipamentos próximos ao ponto de ônibus	0,0600	5	6
	C	T12	Qualidade dos bancos no ponto de ônibus	0,0626	7	11
	C	T13	Qualidade da cobertura em relação à chuva	0,0547	3	3
	C	T14	Qualidade da cobertura em relação ao sombreamento	0,0562	4	5
Travessias	C	T15	Condição piso rua nas travessias	0,0687	1	13
	S	T16	Tempo de travessias de pedestres nos semáforos	0,0767	3	16
	S	T17	Visão da aproximação dos veículos na travessia	0,0740	2	14

Os indicadores pior avaliados destacados em vermelho e os melhor avaliados destacados em verde.
Legenda: *Categorias - C - conforto; A - atratividade; S - segurança; s - seguridade.*

Na avaliação parcial dos indicadores a característica que obteve a melhor avaliação no tema calçada refere-se à largura efetiva e aquela com pior avaliação foi a condição do piso. A respeito dos pontos de ônibus, os indicadores com melhor e pior classificação referem-se à qualidade dos bancos e às informações sobre as linhas de ônibus, respectivamente. O indicador que recebeu pior avaliação no domínio travessias foi a condição do piso e o melhor avaliado foi o tempo de travessia nos semáforos.
Analisando os dados da tabela 2 e figura 6, de forma global, nota-se que os cinco indicadores com pior avaliação pertencem à categoria conforto. Especificamente, na análise da categoria conforto 80% do total de indicadores é referente ao tema Pontos de ônibus e 20% ao tema Calçadas. Dentre

os cinco indicadores melhor posicionados, três referiram-se à categoria conforto e dois à segurança, sendo 60% referentes ao tema Travessias e 40% ao tema Calçadas.

Figura 6. Gráfico dos indicadores agrupados por Categoria



Legenda: *C - conforto; A - atratividade; S - segurança; s - seguridade.*

A análise individual por tema mostra que os problemas relacionados às **Calçadas** foram: i) a *Condição do piso da calçada (qualidade da manutenção)*, devido ao fato das calçadas mais distantes do shopping apresentarem pavimentação solta e alguns buracos; ii) a *Qualidade da arborização*, pois no percurso existem poucas árvores, que não proporcionam sombra e frescor, sendo um indicador importante, pois a cidade de Bauru é de clima quente, com altas temperaturas no verão (Figura 3c); iii) a *Qualidade da iluminação pública*, devido à má iluminação no local, que gera incidência de crimes, muitos entrevistados afirmaram terem medo de caminhar no local no período noturno; e iv) a *Qualidade dos equipamentos, sinalizações e facilidades nas travessias (rebaixos de calçada)*, devido à ausência de faixas de pedestres e rebaixos de calçada e má qualidade de manutenção destes elementos em alguns pontos da rota avaliada (Figura 3a, b).

Figura 3. Levantamento fotográfico das calçadas do percurso avaliado



(a) (b) (c)

A *Largura disponível para circulação*, a *Aderência da superfície do piso* e a *Variação do perfil transversal* foram os itens que receberam melhor avaliação em relação às calçadas. Grande parte

dos pisos encontrados é de ladrilho hidráulico e concreto bruto, o que facilita a caminhabilidade no local e apesar de alguns pontos apresentarem inclinações transversais acentuadas, este aspecto foi bem avaliado na média geral pelos entrevistados, com exceção da avaliação dos idosos.

As características relativas aos **Pontos de Ônibus** que obtiveram os piores resultados reflete a insatisfação dos usuários em relação à infraestrutura do transporte público. Elas estão associadas à *Qualidade das informações sobre os horários das linhas no painel informativo do ponto de ônibus*, *Qualidade das informações sobre as linhas de ônibus no painel informativo do ponto de ônibus*, *Qualidade da cobertura do ponto de ônibus em relação à proteção contra chuva* e *Qualidade da cobertura ponto de ônibus em relação ao sombreamento* corresponderam ao que foi observado *in loco* pelos especialistas, ou seja, os painéis informativos são praticamente inexistentes e quando presentes as informações são desatualizadas e insuficientes. Todos os pontos de ônibus existentes no percurso são também abrigo de passageiros (possuem cobertura), porém não cumprem a função de proteção contra intempéries, segundo os entrevistados, por serem muitos estreitos e sem proteções laterais.

A *largura disponível para circulação nas calçadas em frente ao ponto de ônibus* foi considerada insuficiente em função da quantidade de pessoas que utilizam o local. Vários pedestres afirmaram ter a necessidade de transitar na rua devido à aglomeração de pessoas nas calçadas aguardando os ônibus (Figura 4a).

Figura 4. Levantamento fotográfico dos pontos de ônibus do percurso avaliado



(a) (b) (c)

A *Qualidade dos equipamentos, sinalizações e facilidades nas travessias próximas ao ponto de ônibus* obteve resultado superior aos outras categorias, apesar de alguns usuários de transporte público apontarem para a ausência de faixas e semáforos para pedestres nas proximidades do ponto de ônibus. Além disso, os pontos estão localizados em sua maioria no meio das quadras, o que pode induzir travessias perigosas, principalmente na avenida (Figura 4b, c).

Figura 5. Levantamento fotográfico das travessias do percurso avaliado



(a) (b) (c)

Os aspectos relacionados às **Travessias**, *Tempo disponível para a travessia de pedestres nos semáforos* (de 40 segundos), *Visão da aproximação dos veículos na travessia* e *Condição piso do*

leito carroçável nas áreas de travessia de pedestres (qualidade da manutenção) obtiveram os melhores resultados (Figura 5a). A boa avaliação da qualidade do indicador *Condição piso do leito carroçável nas áreas de travessia de pedestres* pelos usuários não reflete a realidade, nas travessias existem buracos no leito carroçável e vários pontos não possuem faixa de pedestre (Figura 5b, c).

Em síntese, entre os Temas avaliados pelos usuários, os pontos de ônibus requerem maior atenção por parte da administração pública, seguidos pelas calçadas e travessias. De acordo com os entrevistados alguns pontos levantados que, se alterados, podem contribuir para a melhoria da microacessibilidade local são: condição do piso das calçadas; iluminação pública; arborização; manutenção do leito carroçável e pintura das faixas de pedestre; qualidade da cobertura e das informações disponíveis dos pontos de ônibus, aumento da largura da calçada onde existem pontos de ônibus, entre outros. Além do acréscimo de faixas de pedestre e rebaixo de calçadas no entorno do *shopping center* e nas proximidades dos pontos de ônibus, para evitar travessias perigosas.

5. CONCLUSÃO

A infraestrutura voltada aos pedestres e usuários de transporte público, quando adequada, é um incentivo à utilização de meios de deslocamento mais sustentáveis, pois o grau de satisfação das pessoas quanto à infraestrutura de pedestres pode influenciar positiva ou negativamente na escolha dos modos mais sustentáveis como o modo a pé e transporte público.

Este artigo analisou a percepção dos pedestres em relação a microacessibilidade em um percurso entre ponto de ônibus e *Shopping Center* para identificar a qualidade das calçadas, travessias e pontos de ônibus e obter as características que prejudicam o deslocamento dos usuários.

Dentre os temas avaliados, os pontos de ônibus se destacaram com pior avaliação e maior necessidade de adequações para melhorar a qualidade da microacessibilidade local e atender às necessidades dos usuários.

Em relação a metodologia utilizada, observaram-se algumas discrepâncias entre o resultado das avaliações dos usuários com a realidade do local. O usuário possui uma visão mais restrita dos problemas que envolvem a microacessibilidade. Diante desta constatação, sugere-se a utilização de um instrumento metodológico que incorpore a realização de entrevistas (aplicadas aos usuários) e vistorias técnicas (realizadas por especialistas), para se ter uma avaliação completa e mais precisa da infraestrutura do pedestre.

Espera-se que o resultado desta pesquisa contribua para a realização outras pesquisas para avaliação da infraestrutura destinada ao pedestre, no entorno de *Shopping Center* ou áreas similares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. J. D.; PEREIRA, A. C. C. Calçadas no Campus Universitário - em Busca do Nível Superior. In: XXV ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Belo Horizonte, 2011.

AMÂNCIO, M. A. Proposta de um modelo de opção modal de viagens a pé a *shopping centers* urbanos. Campinas, 197 p., 2011. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.

AMÂNCIO, M. A.; SANCHES, S. da P.; FERREIRA, M. A. G. Avaliação do Nível de Serviço das Calçadas na Região Central da Cidade de Serrana, SP, Anais do 15º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito da ANTP, Goiânia, v. 1, 2005.

DIXON, L. Bicycle and pedestrian Level of Service performance measures and standards for congestion management systems. *TRB 1996 Annual Meeting.* 1996.

FERREIRA, M. A. G.; SANCHES, S. da P. Índice de Qualidade das Calçadas – IQC. Revista dos Transportes Públicos. Ano 23. n. 91. p. 47-60. 2001.

FERRAZ, Antônio Clovis Pinto; TORRES, Isaac Guilhermo Espinosa. Transporte Público Urbano. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004. 428 p.

FONTENELLE, R. B.; LIBARDONI, V. S.; ZAMPIERI, F. L.; BINS ELY, V. H. M. Avaliação da qualidade das calçadas relacionada com o fluxo de pedestres no centro de Florianópolis. In: NUTAU - Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, 2008, São Paulo. Métis (UCS), 2008.

KEPPE JUNIOR, C. L. G. Formulação de um indicador de acessibilidade das calçadas e travessias. São Carlos, 152 p., 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos.

KHISTY, C. J. (1994) Evaluation of pedestrian facilities: beyond the level of service concept. *Transportation Research Record 1438.* p. 45-50. 1994.

LITMAN, T. *Sustainable transportation indicators: a recommended research program for developing sustainable transportation indicators and data*. In: 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, 2009.

MAGAGNIN, R. C. Cidades Acessíveis: o planejamento da infraestrutura para a circulação de pedestres. In: FONTES, M. S. G. C.; CONSTANTINO, N. R. T. e BITTENCOURT, L. C. (Orgs). Arquitetura e Urbanismo: novos desafios para o século XXI. Canal 6. Bauru. 2009.

MAGAGNIN, R. C. Um Sistema de Suporte à Decisão na Internet para o Planejamento da Mobilidade Urbana. São Carlos, 314 p., 2008. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.

MAGAGNIN, R. C.; CHIKITANI, F. T.; SANDRINI, L. B. Cidades sustentáveis versus infraestrutura urbana para pedestres: estudo de duas avenidas no município de Bauru (SP). In: VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Anais do VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ENECS e ELECS 2011). Vitória: ANTAC, v. 01. p. 1-15, 2011.

MAGAGNIN, R. C.; FONTES, M. S. G. de C.; SALCEDO, R. F. B. Spatial quality evaluation of pedestrian streets. Journal of Civil Engineering and Architecture (Print), v. 8, p. 1574-1584, 2014.

MAGAGNIN, R. C.; PRADO, M. D.; VANDERLEI, C. B. *The municipal urban accessibility policy in a medium-sized city: the case of Bauru - Brazil*. In: XVIII Congreso Panamericano de Ingenieria de Transito, Transporte y Logísitca, Santander - Espanha: PANAM, v. 1, p. 01-15, 2014.

NANYA, L. M. Desenvolvimento de um instrumento para auditoria da caminhabilidade em áreas escolares. São Carlos, 131 p., 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos.

PRADO, B. de B. Instrumento para avaliar a microacessibilidade do pedestre no entorno de áreas escolares. Bauru, 218 p., 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. 2016.

SARKAR, S. Qualitative evaluation of comfort needs in urban walkways in major activity centers. *Anais…* TRB 2003 Annual Meeting. 2003.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. Transporte urbano, espaço e equidade - Análise das políticas públicas. Annablume, 2001. 218 p.

VILLAROUCO, Vilma. Acessibilidade sob diversos olhares. PÓS, Revista do programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo da FAUUSP, São Paulo, v. 18, n. 29, p. 290-292, 2011.

127. DENSIDADE DE INTERSECÇÕES E DIVERSIDADE DO USO DO SOLO: VARIÁVEIS DE MENSURAÇÃO DA CAMINHABILIDADE EM CAMBÉ-PR

MOTOMURA, Monica[*1](monicamotomura@gmail.com); FONTOURA, Larissa*[1] *(larissadafontoura@gmail.com); KANASHIRO, Milena*[1](milena@uel.br)
[1]Universidade Estadual de Londrina (UEL), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
A caminhabilidade, vinculada a mobilidade urbana, tem sido uma das temáticas dentro do urbanismo sustentável. A mobilidade ativa está associada a questões ambientais e de saúde pública, incluindo o sedentarismo e o aumento de doenças crônicas não transmissíveis como obesidade e diabetes. A caminhabilidade, concebida no apoio e incentivo do caminhar de forma confortável e segura, pode ser uma estratégia para promover atividade física no cotidiano. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é compreender as variáveis de densidade de intersecções e de uso do solo, sistematizadas no Índice de Caminhabilidade (FRANK et al., 2010a), como elementos importantes para a mobilidade ativa na cidade de Cambé-PR. Com base nos setores censitários, esses dois componentes foram mapeados e sobrepostos. Os resultados obtidos a partir da análise espacial apontam que essas variáveis se distribuem de acordo com a conformação de barreiras físicas como rodovias e ferrovia e, dessa forma, regiões isoladas se tornam ao longo do tempo, novas centralidades com alta diversidade de uso do solo e alta densidade de intersecções. A contribuição desta pesquisa é apresentar discussões sobre como o índice é calculado apontando para futuros aprofundamentos, principalmente em cidades de médio porte, além de inserir a caminhabilidade nas questões de planejamento urbano, tornando as cidades mais sustentáveis e saudáveis.
Palavras-chave: Mobilidade ativa; caminhabilidade; intersecções; uso do solo.

INTERSECTION DENSITY AND LAND USE MIX: VARIABLES TO MEASURE WALKABILITY IN CAMBÉ-PR

ABSTRACT
Walkability, linked to urban mobility, has been one of the issues within sustainable urbanism. Active mobility is associated with environmental and public health discussions, including sedentary lifestyle and the increase of chronic non-communicable diseases such as obesity and diabetes. Walkability as a support and an incentive of walking comfortably and safely can be a strategy to promote physical activity in daily life. In this context, the aim of this paper is to understand the intersection density and the land use mix variables, systematized in the Walkability Index (FRANK et al., 2010a), as important elements for the active mobility in the city of Cambé-PR. Based on the city census tracts, these two components were mapped and overlapped. The results from the spatial analysis point out that these variables are distributed according to the conformation of physical barriers such as highways and railroad and that over time, isolated areas might become new centers with high land use mix and high intersection density. The contribution of this research is to discuss how the index is calculated pointing to future deepening, especially in medium-sized cities, in addition to insert walkability in urban planning issues, making cities more sustainable and healthy.
Keywords: Active mobility; walkability; street intersections; land use.

1. INTRODUÇÃO

São vários os parâmetros emergentes na discussão de um urbanismo sustentável, entre os quais está a mobilidade urbana, vinculada à aspectos ambientais, de planejamento urbano, de transportes, de sociabilidade e mais recentemente de saúde (OLIVEIRA; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2010; KNEIB, 2012). Neste sentido, pesquisadores afirmam que a qualidade de vida é afetada pela mobilidade nas cidades (CARVALHO et al., 2011; OLIVEIRA; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2010; KNEIB, 2012; RUBIM; LEITÃO, 2013).

Kneib (2012) define o termo mobilidade sustentável como sendo a relação da capacidade de deslocamento de pessoas e bens nas cidades, a partir do entendimento de variáveis complexas na valorização dos modais de transporte coletivos e não motorizados em detrimento do uso de veículos motorizados. Estes acarretam uma maior poluição do ar (FRUMKIN, 2002) e, de acordo com os dados do Ministério do Transporte (2013), no Brasil, 68% das emissões nocivas majoritariamente foram provenientes do transporte individual e 32% do transporte coletivo.

Nesse contexto, a adesão de meios alternativos de deslocamento nas cidades exerce influência para a diminuição dos impactos ambientais, principalmente em se tratando do caminhar. O tráfego de pedestres utiliza menos recursos e afeta menos o meio ambiente do que outros modos de transporte. Deve-se acrescentar ainda que o deslocamento a pé se dá como um modal econômico, quase silencioso e não poluente (GEHL, 2013; ROGERS; GARDNER; CARLSON, 2013).

Recentemente, essa mobilidade ativa está sendo discutida também como política nas discussões de saúde pública, considerando que doenças crônicas não transmissíveis, como por exemplo diabetes, obesidade e hipertensão, as quais representam um problema global (BROWNSON et al., 2009), estão vinculadas a inatividade física (OMS, 2003) ou sedentarismo. Em 2014, 74% do número total de mortes do mundo foram causadas por essas doenças (OMS, 2014). De acordo com Frank et al. (2012), o caminhar, como lazer ou para deslocamento, pode ser inserido em uma estratégia global para promover a maior prática de atividade física, melhorando assim questões relacionadas a saúde pública (FRANK et al., 2012).

Pesquisas apontam que a mobilidade ativa pode ser modificada pelo ambiente construído no incentivo ao deslocamento a pé (SALLIS; BAUMAN; PRATT, 1998; HUMPEL et al., 2002; DING; GEBEL, 2012), como suporte a uma vida mais ativa (EYRE et al., 2004) e fazer parte do cotidiano dos indivíduos (GEHL, 2013) por meio da distribuição e qualidade dos destinos para suprir suas necessidades diárias (FARR, 2013).

Neste sentido, a configuração urbana pode influenciar a escolha do meio de transporte adotado (FRANK, 2000; HOEHNER et al., 2005), a partir da definição de uma diversidade de rotas (CERVERO; KOCKELMAN, 1997) e frequência e distância das viagens (HANDY et al., 2002). Para o entendimento da caminhabilidade, deve-se relacionar altas densidades, uso do solo diversificado, conectividade, escala humana e qualidades estéticas a espaços orientados para pedestres (HANDY et al., 2002).

Entre os estudos de mensuração empírica, tem-se os chamados *walkability index* com o objetivo de sistematizar as variáveis dos aspectos físicos do ambiente construído para a definição de áreas mais caminháveis (CERVERO; KOCKELMAN, 1997; FRANK et al., 2006; BERKE et al., 2007; OWEN et al., 2007; LOVASI et al. 2008; SALLIS et al., 2009; FRANK et al., 2010a; FRANK et al., 2010b; KING et al., 2011; LOTFI; KOOHSARI, 2011; HINO et al., 2012; REIS et al., 2013; CAUWENBERG et al., 2016).

Esta pesquisa desenvolve o índice de caminhabilidade proposto por Frank et al. (2010a), construído para a cidade de Cambé-PR a partir da sistematização de quatro variáveis: (1) Densidade residencial; (2) Densidade comercial; (3) Densidade das intersecções e (4) Diversidade do uso do

solo (MOTOMURA; FONTOURA; KANASHIRO, 2016). Além da análise do mapa de caminhabilidade, avança-se no recorte de duas variáveis para análise comparativa: densidade de intersecções e de uso do solo para a discussão da caminhabilidade em cidades de médio porte no Brasil. Ambas as variáveis estão inseridas nos argumentos de Jacobs (2011), na década de 60, como condições para gerar a diversidade urbana: necessidade de quadras com menores dimensões e de usos combinados. A densidade de intersecções, de acordo com Handy et al. (2002) refere-se à disponibilização de alternativas de rotas de forma direta entre destinos. Saelens et al. (2003) aponta a importância da distância entre dois tipos de uso e relaciona a necessidade da diversidade de usos.

Assim, essa pesquisa contribui para o entendimento da relação do ambiente construído com o caminhar, proporcionando oportunidades de mobilidade ativa e consequentemente uma maior prática de atividade física no cotidiano das pessoas. Tais discussões são necessárias no planejamento urbano para tornarmos as cidades mais sustentáveis e saudáveis.

2. OBJETIVO

Diante da importância da inserção do caminhar no entendimento da mobilidade urbana sustentável, esse estudo tem como objetivo principal compreender as variáveis de densidade de intersecções e de uso do solo como componentes fundamentais para fortalecer a mobilidade ativa. Portanto, enquanto objetivos específicos tem-se a sistematização do *Walkability Index* (FRANK et al., 2010a) para a cidade de Cambé-PR, resultando no mapeamento dos setores mais caminháveis bem como no cotejamento da relação entre densidade de intersecções e da diversidade do uso do solo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Construção do Index de Caminhabilidade

O índice de caminhabilidade, método proposto por Frank et al. (2010a), foi construído para a cidade de Cambé-PR. Relaciona quatro variáveis para se criar um padrão espacial de caminhabilidade, a saber: (1) Densidade residencial: relação entre o número de unidades residenciais e a área ocupada pelo uso residencial (em acres); (2) Densidade comercial: relação entre a área comercial construída (acres) e a área destinada ao uso comercial (acres). Essa medida indica a relação do quanto da área comercial é destinada para estacionamento de veículos motorizados; (3) Densidade de intersecções: relação entre o número de interseções consideradas reais (três ou mais ruas) e a área do setor censitário (acres); (4) Diversidade do uso do solo: medida relacionada à diversidade dos tipos de uso do solo em uma determinada área, incluindo os usos: residencial, varejo (excluindo as “big boxes” - shoppings centers), lazer (incluindo restaurantes), serviço e institucional (incluindo escolas e instituições comunitárias).

Utilizou-se a unidade de área em acres, similar ao índice de Frank et al. (2010a), para possíveis comparações com outros índices já aplicados, bem como foram adotados como recortes espaciais os setores censitários urbanos de Cambé-PR, definidos de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). A decisão por esta base geográfica deu-se pela possibilidade de correlacionar o índice de caminhabilidade com outros bancos de dados demográficos como de renda, densidade populacional, educação, entre outros que utilizam os setores censitários como base. Para os levantamentos de uso do solo, apenas o pavimento térreo foi considerado, uma vez que os usos diretamente acessados estão associados à caminhabilidade (SUNG et al., 2015).

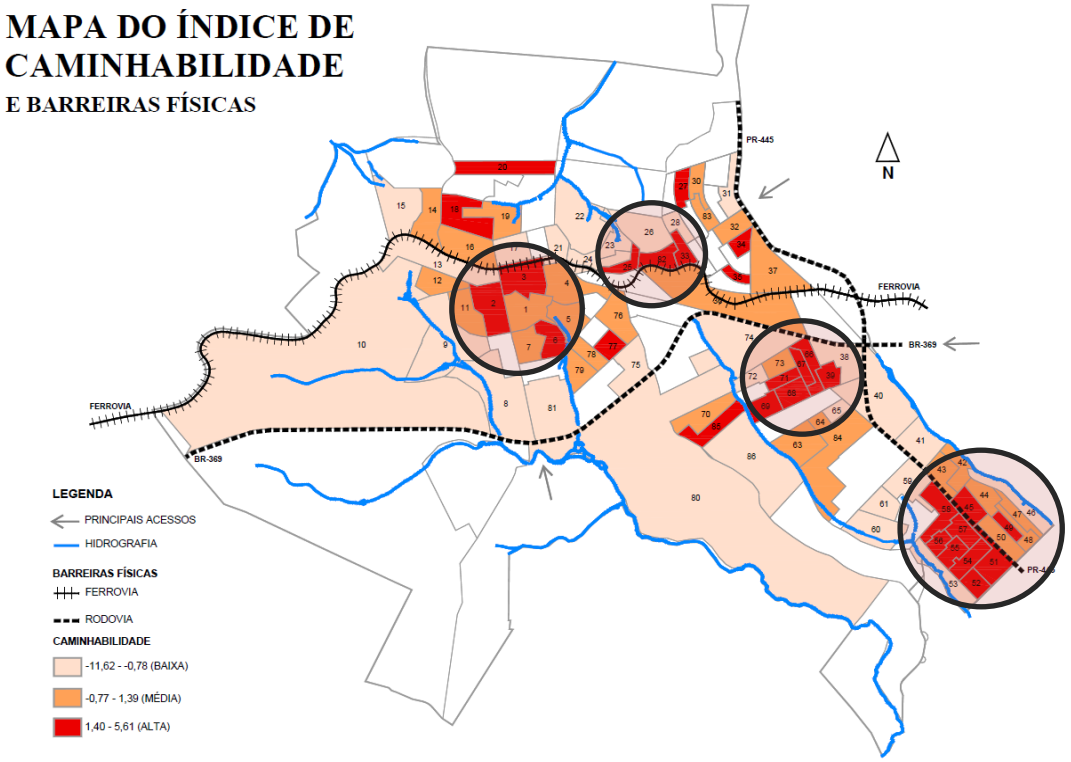
A partir do levantamento de cada variável, por setor censitário, todos os valores foram normalizados pelo padrão de cálculo estatístico “z score” ou “valor z”. O cálculo final do índice de caminhabilidade

é dado pela fórmula: *ÍNDICE DE CAMINHABILIDADE = [(2 x z-score densidade de intersecções) + (z-score densidade de residências) + (z-score densidade de comércio) + (z-score variação do uso do solo)]*. A densidade de intersecções tem peso dois (2) no cálculo do índice, uma vez que evidências anteriores apontam que a densidade de intersecções exerce forte influência na escolha do caminhar como forma de deslocamento (FRANK et al., 2010a).
Para essa pesquisa foram utilizados mapas digitais da cidade de Cambé-PR (CAMBÉ, 2015) manipulados no programa AutoCAD 2015 e ArcGIS Versão 10.4 *Free Version*. Os levantamentos foram feitos a partir do Google Earth e Google Street View e os cálculos sistematizados no programa Excel 2013.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o mapa final do índice de caminhabilidade, os setores censitários considerados foram classificados em tercis. Devido a escala da cidade, foram adotadas apenas três classificações para a caminhabilidade: alta, uma categoria de transição (média) e baixa (Figura 1).
Observa-se a concentração de setores com alta caminhabilidade no centro da cidade (setores 2 e 3) e em três áreas periféricas. Essas concentrações compõem o núcleo de uma estrutura concêntrica, onde setores com alta caminhabilidade são seguidos por setores de média e, por fim, por setores com baixa caminhabilidade. Assim, os setores de menor índice de caminhabilidade estão localizados nas regiões periféricas. São áreas de urbanização recente e exclusivamente residenciais de baixa densidade (setor 80) e outras caracterizadas pelo uso industrial (setores 10, 13, 22, 59, 74 e 75). Essas áreas apresentam muitos vazios e, como consequência, resultam em áreas pouco conectadas e sem continuidade da malha urbana.
Essas estruturas e a distribuição das mesmas estão vinculadas às barreiras físicas de Cambé, como o leito da ferrovia e as Rodovias BR-369 e PR-445. A ferrovia divide a área central da porção norte e as rodovias definem os acessos à cidade, bem como representam a conexão para a cidade vizinha de Londrina, centro da Região Metropolitana. Observa-se, a partir dessas barreiras, a definição das regiões de alta caminhabilidade e infere-se que, a partir da formação de áreas mais isoladas, formam-se novas centralidades com alta variação de uso do solo e alta densidade de intersecções.

Figura 1. Mapa do índice de caminhabilidade de Cambé-PR e as barreiras físicas da cidade

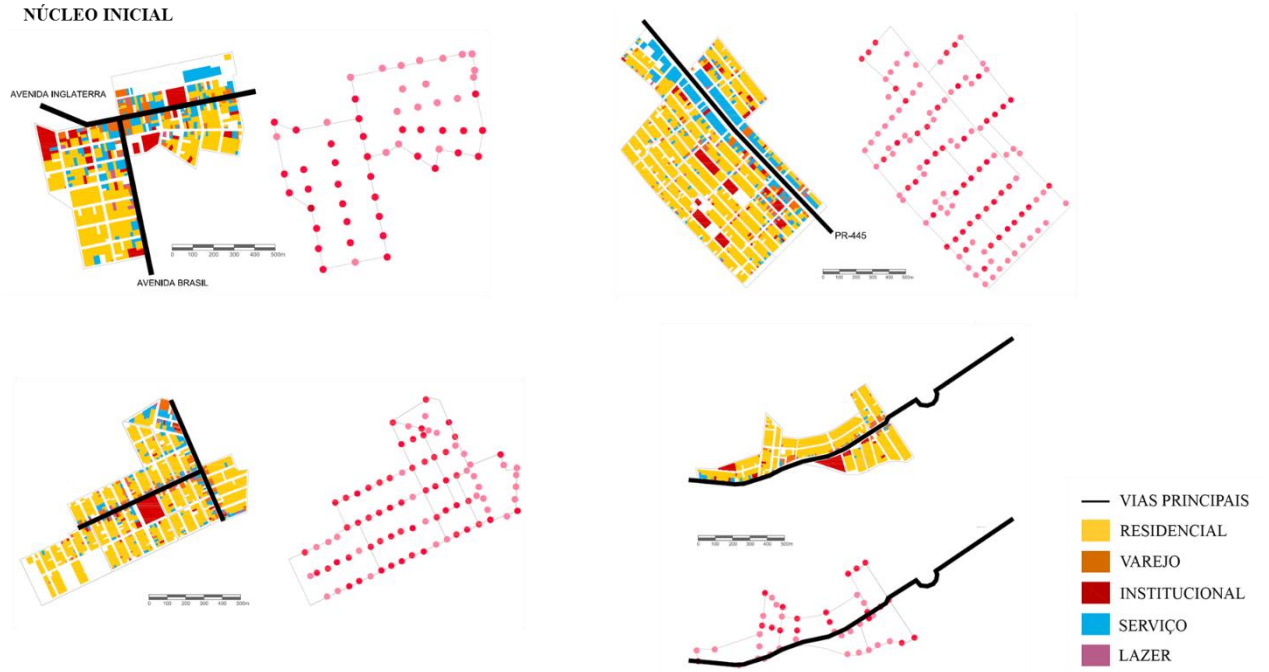


Fonte: Cambé (2015); IBGE, 2010; Organizado pelos autores (2016).

Os setores 2 e 3, que formam a centralidade de alta caminhabilidade no centro de Cambé, apresentam uma melhor conectividade, além de possuírem uma maior variedade de usos, incluindo os de varejo, de serviço e institucional, principalmente nas duas vias mais importantes: Avenida Inglaterra e Avenida Brasil. O núcleo inicial da cidade de Cambé está inserido no centro da cidade e foi projetado de forma radial com quadras-tipo de 150m por 80m aproximadamente e com formato quadrangular, apresentando maior continuidade da malha urbana (Figura 2).

Nas centralidades mais periféricas, distantes da área central de Cambé, observa-se uma alta densidade residencial, que gradativamente sedimentaram áreas comerciais para atendimento da demanda cotidiana. Nesse sentido, é possível notar a existência de uma certa dispersão da variedade de uso do solo porém uma certa concentração nas vias principais de acesso aos setores (Figura 2). Essas áreas são lócus de empreendimentos de habitação de interesse social e a densidade de intersecções aumenta em virtude da redução das dimensões das quadras para aproximadamente 150m por 50m. São caracterizadas pela ortogonalidade da malha a qual favorece o aumento da densidade de intersecções e mais opções de rotas entre origem e destino.

Figura 2. Concentrações de setores com alta caminhabilidade



Fonte: Cambé (2015); IBGE (2010); Google Street View (2016); Organizado pelos autores (2016).

Por meio de uma análise comparativa, constata-se que os setores censitários 5, 6, 20, 30, 35, 56, 72 e 83 apresentam alta densidade de intersecções e baixa diversidade do uso do solo. A maior parte desses setores está localizada em áreas periféricas da cidade cuja configuração padrão de malha reticulada é uma estratégia para inserção de uma maior quantidade de lotes com custo reduzido. Contudo, embora a malha apresente permeabilidade, são áreas predominantemente residenciais e, de acordo com os parâmetros de caminhabilidade de Campoli (2012), nesse caso o chamado destino acessível é prejudicado devido à monofuncionalidade (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição de setores: Densidade de intersecções e diversidade do uso do solo

	DENSIDADE DE INTERSECÇÕES	DIVERSIDADE DO USO DO SOLO	ÍNDICE DE CAMINHABILIDADE
Alta	5, 6, 12, 18, 19, 20, 25, 27, 30, 33, 34, 35, 39, 47, 52, 54, 55, 56, 58, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 77, 83, 85	2, 3, 4, 11, 13, 16, 25, 32, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 48, 49, 50, 51, 54, 57, 58, 66, 68, 70, 71, 76, 77, 82	2, 3, 6, 18, 20, 25, 27, 33, 34, 35, 39, 45, 49, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 66, 67, 68, 69, 71, 77, 82, 85
Baixa	2, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 22, 24, 31, 36, 37, 38, 40, 41, 43, 46, 53, 59, 60, 64, 65, 74, 76, 80, 81, 84, 86	5, 6, 9, 10, 15, 17, 20, 22, 23, 26, 28, 30, 35, 36, 46, 53, 56, 64, 65, 69, 72, 74, 75, 78, 79, 80, 83, 86	8, 9, 10, 13 , 15, 17, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 31, 38, 40, 41, 46, 53, 59, 60, 61, 65, 72, 74, 75, 80, 81, 86

Fonte: Organizado pelos autores (2016)

Por outro lado, os setores 2, 11, 13, 38, 40, 41, 43 e 76 apresentam alta diversidade de uso do solo e baixa densidade de intersecções (Tabela 1). Embora sejam áreas caracterizadas por alta variação do uso do solo, onde a propensão à mobilidade ativa são maiores (FRANK et al., 2012), aponta-se para uma limitação do cálculo do uso do solo misto do índice, pois a pontuação considera apenas

a proporção entre os diferentes usos. Por exemplo, os setores 38, 40 e 41 formam uma região lindeira à rodovia com usos voltados a serviços e residencial, e na sistematização do cálculo não há a ponderação entre a importância, interação ou mesmo a configuração entre os usos (HESS; MOUDON; LOGSDON, 2001; MANAUGH; KREIDER, 2013).

5. CONCLUSÃO

Esse estudo apresenta a construção do Índice de Caminhabilidade na cidade de Cambé-PR e uma análise comparativa entre a diversidade do uso do solo e a densidade de intersecções. Estas variáveis, de acordo com a análise espacial, estão vinculadas a conformação de barreiras físicas como rodovias e ferrovia e, dessa forma, nas regiões isoladas tendem a emergir novas centralidades com alta diversidade de uso do solo e alta densidade de intersecções, contribuindo para o aumento da caminhabilidade.

Os resultados dessa pesquisa apontam para futuros aprofundamentos em relação às variáveis consideradas para o índice, tendo em vista a dimensão de cidades de porte médio brasileiras. O índice já calculado em cidades na Austrália (MAYNE et al., 2013), nos Estados Unidos (FRANK et al., 2010a) e também em cidades da América Latina como Bogotá, na Colômbia (CERVERO et al., 2009), e Curitiba (REIS et al., 2013), apresenta realidades diferentes. A aplicação em distintos contextos deve considerar possíveis adaptações, como as cidades planejadas de malha ortogonal e as diferenças socioeconômicas. Essa pesquisa contribui para a inserção da mobilidade ativa nas discussões do planejamento urbano, evidenciando possíveis intervenções no ambiente construído para tornar as cidades mais caminháveis e, consequentemente, mais saudáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERKE, E. et al. Association of the Built Environment With Physical Activity and Obesity in Older Persons. Research and practice. V.97, n.3, p. 486–492, 2007.

BROWNSON, R. et al. Measuring the Built Environment for Physical Activity. State of the Science. American Journal of Preventive Medicine. V.36, n.4, p. S99-S123, 2009.

CAMBÉ. Prefeitura do Município. Departamento de Planejamento, 2015.

CAMPOLI, Julie. Made for Walking: Density and Neighborhood Form. Massachusetts: Lincoln Institute of Land Policy, 2012. 208 p.

CARVALHO, C. et al. A mobilidade urbana no Brasil. Infraestrutura Social e Urbana no Brasil: subsídios para uma\ agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Comunicados do IPEA. n.94, 2011.

CAUWENBERG, J. et al. Neighborhood walkability and health outcomes among older adults: The mediating role of physical activity. Health & place. V.37, p. 16–25, 2016.

CERVERO, R. et al. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. International Journal of Sustainable Transportation. V.3, p. 203–226, 2009.

CERVERO, R; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3ds : Density, Design and Diversity. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.2, n.3, p. 199-219, 1997.

DING, D.; GEBEL, K. Built environment, physical activity, and obesity: What have we learned from reviewing the literature? Health & Place. V.18, n.1, p. 100-105, 2012.

FARR, Douglas. Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza. Tradução: Alexandre Salvaterra. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 326 p.

FRANK, L. et al. Health and the Built Environment: A Review. The Canadian Medical Association, 2012.

FRANK, L. et al. Many pathways from land use to health. Journal of the American Planning Association. V.72, n.1, p. 75-87, 2006.

FRANK, L. et al. The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. British journal of sports medicine. V.44, n.13, p. 924-933, 2010a.

FRANK, L. et al. Neighborhood Design, Travel, and Health in Metro Vancouver: Using a Walkability Index - Executive Summary. UBC, 2010b.

FRANK, L. Land Use and Transportation Interaction: Implications on Public Health and Quality of Life. Journal of Planning Education and Research. V.20, n.1, p. 6-22, 2000.

FRUMKIN, H. Urban sprawl and public health. Public health reports. V.117, n.3, p. 201-217, 2002.

GEHL, Jan. Cidades para pessoas. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013. 280 p.

HANDY, S. et al. How the built environment affects physical activity: Views from urban planning. American Journal of Preventive Medicine. V.23, n.02, p. 64-73, 2002.

HESS, P.; MOUDON, A., LOGSDON, M. Measuring land use patterns for transportation research. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. n.1780, p. 17-24, 2001.

HINO, A. et al. Projeto ESPAÇOS de Curitiba, Brazil: applicability of mixed research methods and geo-referenced information in studies about physical activity and built environments. Pan American journal of public health. V.32, n.3, p. 226–33, 2012.

HOEHNER, C. et al. Perceived and objective environmental measures and physical activity among urban adults. American Journal of Preventive Medicine. V.28, n.2 SUPPL. 2, p. 105-116, 2005.

HUMPEL, N. et al. Environmental factors associated with adults' participation in physical activity A review. American Journal of Preventive Medicine. V.22, n.3, p. 188-199, 2002.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo 2010.

JACOBS, Jane. Morte e Vida de Grandes Cidades. São Paulo: Martins Fontes, 2011. 510 p.

KING, A. et al. Aging in neighborhoods differing in walkability and income: Associations with physical activity and obesity in older adults. Social Science and Medicine. V.73, n.10, p. 1525–1533, 2011.

KNEIB, E. Mobilidade urbana e qualidade de vida: do panorama geral ao caso de Goiânia. Revista UFG. V.XIII, n.12, p. 71–78, 2012.

LOTFI, S.; KOOHSARI, M. Neighborhood Walkability in a City within a Developing Country.Journal of urban planning and development. V.137, p. 402–408, 2011.

LOVASI, G. et al. Using built environment characteristics to predict walking for exercise. International journal of health geographics. V.7, p. 10-23, 2008.

MANAUGH, K., KREIDER, T. What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use mix. Journal of Transport and Land Use. V.6, n.1, p. 63-72, 2013.

MAYNE, D. et al. An objective index of walkability for research and planning in the Sydney Metropolitan Region of New South Wales, Australia: an ecological study. International Journal of Health Geographics. V.12, p. 1–10, 2013.

MOTOMURA, M.; FONTOURA, L.; KANASHIRO, M. The construction of Walkability Index in Cambé City - Paraná – Brazil. In: Anais do SBE16 Brazil & Portugal: Sustainable Urban Communities Towards a Nearly Zero Impact Built Environment. V.3., p. 1669-1676, 2016.

OLIVEIRA, M.; OLIVEIRA, O.; OLIVEIRA, J. Mobilidade Urbana e Sustentabilidade. V Encontro Nacional da Anppas. Florianópolis, 2010.

OMS (Organização Mundial Da Saúde). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO Technical Report Series, n. 916, 2003.

OMS (Organização Mundial Da Saúde). Non-communicable Diseases Country Profiles, 2014.

OWEN, N. et al. Neighborhood Walkability and the Walking Behavior of Australian Adults. American Journal of Preventive Medicine. V.33, n.5, p. 387–395, 2007.

REIS, R. et al. Walkability and physical activity: Findings from curitiba, brazil. American Journal of Preventive Medicine. V.45, n.3, p. 269–275, 2013.

ROGERS, S.; GARDNER, K.; CARLSON, C. Social capital and walkability as social aspects of sustainability. Sustainability (Switzerland). V.5, n.8, p. 3473–3483, 2013.

RUBIM, B.; LEITÃO, S. Plano de Mobilidade Urbana e o futuro das cidades. Estudos Avançados. V.27, n.79, p. 55–66, 2013.

SAELENS, B.; SALLIS, J.; FRANK, L. Environmental correlates of walking and cycling: findings from the transportation, urban design, and planning literatures. Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine. V.25, n.2, p. 80–91, 2003.

SALLIS, J. et al. Neighborhood built environment and income: Examining multiple health outcomes. Social Science and Medicine. V.68, n.7, p. 1285–1293, 2009.

SALLIS, J.; BAUMAN, A.; PRATT, M. Environmental and policy interventions to promote physical activity. American journal of preventive medicine. V.15, n.4, p. 379–397, 1998.

SUNG, H.; LEE, S. Residential built environment and walking activity : Empirical evidence of Jane Jacobs' urban vitality. Transportation Research Part D. V.41, p. 318–329, 2015.

170. A IMPORTÂNCIA DAS CALÇADAS PARA A ACESSIBILIDADE URBANA: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR DO IQC

ROCHA T., Vanessa,[1] (vanessat.rocha.arq@gmail.com); BRANDLI L., Luciana[2] (brandli@upf.br); KALIL M. L., Rosa[3] (kalil@upf.br); PRIETTO. D.M., Pedro[4] (pdmp@upf.br); TIEPO, Cristiane[5] (cristianetiepo@yahoo.com.br)*

1Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
2Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
3Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
4Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil
5Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

O simples ato de caminhar pelas cidades implica em inúmeros benefícios ao indivíduo, ao meio ambiente e aos espaços públicos urbanos. Nesse sentido, andar a pé é mais do que uma necessidade de bem-estar físico individual é, acima de tudo, uma alternativa para a sustentabilidade local. Isso porque, o aumento dos índices de caminhabilidade nas cidades proporciona a redução: das taxas de engarrafamentos, da poluição do ar e sonora e, do número de assaltos. No entanto, para que a circulação de pedestres ocorra de forma segura e frequente é necessário que as calçadas sejam adequadas e convidativas ao andar a pé. Desse modo, o objetivo do trabalho é apresentar o índice de qualidade das calçadas em uma cidade de médio porte no Norte do Rio Grande do Sul. A metodologia foi estruturada em três etapas: a primeira fase é a avaliação técnica dos indicadores de qualidade das calçadas (segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade, atratividade visual, permeabilidade e acessibilidade) e foi aplicada em 16 quarteirões de estudo (sorteados aleatoriamente). Na sequência, foi realizada a aplicação de 370 questionários aos residentes dos quarteirões da área de estudo, para que cada um identificasse o nível de importância dos indicadores em análise. Por fim, foi calculado o índice de qualidade das calçadas (IQC). Os resultados obtidos revelam que Passo Fundo, como a maioria das cidades, apresenta um índice de qualidade das calçadas classificado como muito ruim (G – 1,92). Portanto, a gestão pública e a comunidade passo-fundense precisarão investir na elaboração de legislação específica para a execução e manutenção das calçadas, observando e inserindo indicadores de qualidade nos projetos a serem aprovados e/ou readequados. Com isso, os índices de qualidade das calçadas e caminhabilidade na cidade poderão ser ampliados, garantindo melhor bem-estar aos cidadãos.

Palavras-chave: Caminhar; Índice; Calçadas; Indicadores; Cidades.

THE IMPORTANCE OF THE SIDEWALKS FOR URBAN ACCESSIBILITY: THE CASE STUDY FROM IQC

ABSTRACT

The simple act of walking through the cities implies innumerable benefits to the individual, the environment and urban public spaces. In this sense, walking is more than a need for individual physical well-being, it is, above all, an alternative to local sustainability. This is because, the increase in the rates of walkability in cities provides the reduction: of traffic jams, air and noise pollution, and the number of robberies. However, in order for pedestrian traffic to occur safely and frequently, sidewalks must be adequate and inviting for the walking. Therefore, the objective of this study is to

present the quality index of sidewalks in a medium-sized city in the north of Rio Grande do Sul. The methodology used is structured in three stages, the first phase is the technical evaluation of the quality indicators of the (Safety, maintenance, effective width, safety, visual attractiveness, permeability and accessibility) and was applied in 16 study blocks (randomly selected). Subsequently, 370 questionnaires were applied to the residents of the blocks of the study area, so that each one identified the level of importance of the indicators under analysis. Lastly, the quality index of the sidewalks (IQC) was calculated. The results show that Passo Fundo, like the great majority of the cities in the world, presents a quality index of the pavements classified as very bad (G - 1.92). Therefore, public management and the community of Passo Fundo will need to invest in the elaboration of specific legislation for the execution and maintenance of sidewalks, observing and inserting quality indicators in the projects to be approved and / or re-adapted. With this, the quality of the sidewalks and walkability in the city will be expanded.
Keywords: To walk; Index; Sidewalks; Indicators; Cities.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento do espaço urbano deve estar voltado para o convívio ao nível dos olhos. Neste aspecto, a qualidade das calçadas é um fator importante, pois a circulação de pedestres garante esta vivacidade ao ambiente urbano. Além disso, o simples ato de caminhar pelo espaço urbano resulta em inúmeros benefícios à saúde pessoal, ao meio ambiente e à mobilidade urbana, propiciando assim, melhor qualidade de vida aos habitantes da cidade (FERREIRA; SANCHES, 2001a; GHEL, 2011).

Devido à crescente urbanização, as cidades necessitam, cada vez mais, de diretrizes de organização do espaço e da mobilidade urbana que incentivem os deslocamentos a pé e a integração entre os modais de transporte mais sustentáveis tais como: VRT, BRT, metros, ônibus entre outros (PORTUGUAL, 2012). No entanto, esse processo que interliga diferentes modais e proporciona o andar a pé pelas cidades, necessita de infraestrutura adequada e convidativa de forma a potencializar os índices de caminhabilidade no ambiente construído (RODRIGUES et al., 2014).

Segundo Park (2008) o termo *''caminhabilidade''* refere-se à qualidade do ambiente percebido pelos pedestres. Sendo assim, para que os deslocamentos a pé aconteçam, as pessoas traçam rotas e caminhos dando preferências: aos mais seguros, acessíveis e se possível ''curtos'' (ROCHA, 2016).

Conforme a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2012), no Brasil, 36,8% da população se desloca a pé, 29,1% utiliza o transporte coletivo e 27,4% usa o transporte individual motorizado. Nesse contexto, pode-se dizer que, o percentual de deslocamentos realizados a pé é considerável (36,8%) uma vez que, o Brasil carece de políticas públicas que incentivem esse comportamento. Outro fator diretamente vinculado a esses índices é a ineficiência do transporte público, tanto quanto ao custo da passagem, como à insegurança provocada pelo aumento dos assaltos a coletivos urbanos e, à baixa qualidade dos serviços oferecidos, fatores estes que desestimulam o seu uso.

O “andar a pé” pelas cidades deve ser incentivado, pois esta é uma alternativa de mobilidade sustentável. No entanto, para que essa atividade ocorra será necessário dar suporte a estes deslocamentos. Assim sendo, a calçada é a infraestrutura base deste processo (andar a pé). E, desse modo, deve apresentar condições adequadas e convidativas, tornando-a prioritária na escolha dos usuários, conduzindo assim ao ‘’abandono’’ dos outros meios de transporte quando desnecessários (PACHECO, 2016).

A partir disso, o levantamento do índice de qualidade das calçadas (IQC) é uma importante ferramenta de suporte para a gestão pública, pois pretende quantificar a acessibilidade à cidade. Nesse sentido, mede a disponibilidade e a qualidade desta infraestrutura no meio urbano com base em indicadores que estimulam a sustentabilidade urbana, tais como: acessibilidade, largura efetiva, atratividade visual, permeabilidade, segurança, seguridade e manutenção. Ressalta-se ainda que, quando uma cidade apresenta IQC favorável, as relações entre o ambiente construído e seus habitantes se desenvolvem de forma mais harmônica (FERREIRA; SANCHES, 2007b).

De acordo com NBR 9050 (2012) a calçada é: ‘‘uma via de acesso contínua, sem obstáculos trajetória com sinais ligando ambientes externos ou espaços internos e edifícios, os quais podem ser utilizados de forma autônoma e com segurança por todos, incluindo as pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida’’. Ainda, convém ressaltar que, a calçada é considerada parte da "via pública" e, é a infraestrutura que garante o acesso ao ambiente urbano. Na maioria das cidades brasileiras, a execução do passeio público é de responsabilidade do proprietário do lote lindeiro podendo esse, juntamente com os governos locais, ser responsabilizado por lesão física que possa vir a ocorrer em pedestres, resultante da falta de manutenção e irregularidade na infraestrutura (FERREIRA; SANCHES, 2007b).

Contudo, a transformação do ambiente construído depende da gestão adequada de suas infraestruturas e da integração dos indivíduos com as mesmas. Ainda, a calçada é pública e de uso coletivo, podendo ser considerada ainda, o meio que conecta lugares no espaço urbano (ROCHA, 2016).

2. OBJETIVO

As calçadas garantem o acesso à cidade. Desse modo, o objetivo do trabalho é apresentar o índice de qualidade das calçadas (IQC) na cidade Passo Fundo no Norte do Rio Grande do Sul.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia para avaliação do IQC, utilizada neste trabalho, propõe que o nível de serviço seja determinado de acordo com a avaliação técnica da infraestrutura e este ‘’valor’’ seja multiplicado pelo grau de importância atribuída pelos indivíduos residentes na área de estudo (FERREIRA; SANCHES, 2001a). Para a definição do IQC são analisados indicadores que caracterizam a infraestrutura das calçadas (segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade, atratividade visual, permeabilidade e acessibilidade), ponderando-os conforme a importância atribuída a cada um deles pelos participantes entrevistados (370 pessoas).

Há três etapas básicas para a avaliação do IQC: a primeira etapa é constituída pela avaliação técnica dos espaços para pedestres, com base em indicadores de qualidade, atribuindo-se a pontuação correspondente, que varia de 7 (melhor qualidade de serviço) a 0 (menor qualidade de serviço). A segunda etapa do trabalho é dada pela ponderação desses indicadores de acordo com a percepção dos usuários (grau de importância atribuída a cada indicador), conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Sistema de pontuação

OBS: Dê sua opinião, identifique o grau de importância dos indicadores enumerando de 1 a 7 as características que você considera muito importante na calçada.	
O mais importante é:	
( )	Uma calçada onde não haja perigo de atropelamento
( )	Uma calçada que ofereça uma pavimentação adequada e uniforme
( )	Uma calçada livre de obstáculos
( )	Uma calçada onde não se corra o risco de ser assaltado
( )	Uma calçada em local agradável, limpa e com vegetação
( )	Uma calçada permeável (que não acumula água)
( )	Uma calçada acessível (com piso tátil e rampas)

Fonte: Adaptado de Ferreira; Sanches (2001a).

A avaliação final do ambiente para os pedestres é obtida através do IQC, calculado pela equação, a seguir (FERREIRA; SANCHES, 2001a).

$$IQC = psS + pmM + pleLe + pseSe + pavAv + ppP + paA \quad (1)$$

Onde:
S, M, Le, Se, Av, P, A representam, respectivamente, a pontuação obtida na avaliação técnica pelos aspectos de segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade, atratividade visual, permeabilidade e acessibilidade.
E, ps, pm, ple, pse, pav, p, a representam, respectivamente, os fatores de ponderação dos aspectos de segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade, atratividade visual, permeabilidade e acessibilidade.
A Tabela 1 mostra o nível de serviço correspondente à cada faixa de índice de qualidade.

Tabela 1. Faixas de índices de qualidade e níveis de serviço

Índice de qualidade	Condição	Nível de serviço
7	Excelente	A
6 a 6,9	Ótimo	B
5 a 5,9	Muito bom	C
4 a 4,9	Bom	D
3 a 3,9	Regular	E
2 a 2,9	Ruim	F
1 a 1,9	Muito ruim	G
0 a 0,9	Péssimo	H

Fonte: Adaptado de Ferreira; Sanches (2001a).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A percepção dos usuários em relação às calçadas (370 questionários) foi tabulada e submetida a procedimentos estatísticos simples (Tabela 2), gerando assim, o nível de importância para cada indicador de estudo.

Tabela 2. Distribuição do nível de importância atribuída aos indicadores de qualidade das calçadas

Indicador	Ordem de importância para os entrevistados							Nº total de pontos	Nível de importância
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º		
Segurança	60	59	74	67	56	33	21	1.293	3,49
Manutenção	33	33	32	44	62	72	94	1.771	4,78
Largura efetiva	14	36	47	61	55	90	67	1.755	4,74
Seguridade	47	58	71	49	65	44	36	1.413	3,81
Atratividade visual	39	64	57	46	50	51	63	1.519	4,10
Permeabilidade	35	45	47	63	55	61	64	1.607	4,34
Acessibilidade	140	80	42	38	25	21	24	997	2,69

Fonte: Rocha (2016).

Na sequência, definiu-se o peso de importância atribuído a cada indicador, sobre a ponderação de um ponto, invertendo-se a escala e a distribuição dos pontos (FERREIRA; SANCHES, 2001). Conforme Tabela 3.

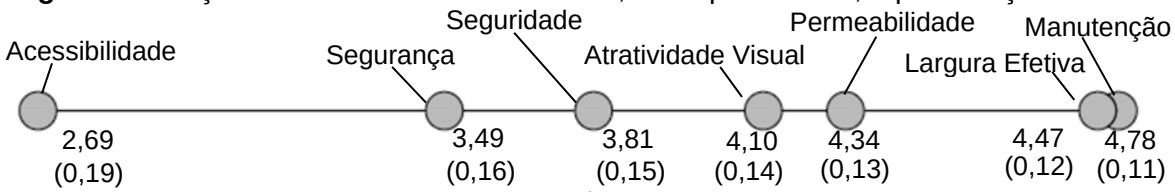
Tabela 3. Distribuição do peso de importância atribuída aos indicadores de qualidade das calçadas (%)

Indicador	Ordem de importância para os entrevistados							Nº total pontos	Peso de importância
	7º	6º	5º	4º	3º	2º	1º		%
Segurança	60	59	74	67	56	33	21	1.667	0,16
Manutenção	33	33	32	44	62	72	94	1.189	0,11
Largura efetiva	14	36	47	61	55	90	67	1.205	0,12
Seguridade	47	58	71	49	65	44	36	1.547	0,15
Atratividade visual	39	64	57	46	50	51	63	1.441	0,14
Permeabilidade	35	45	47	63	55	61	64	1.353	0,13
Acessibilidade	140	80	42	38	25	21	24	1.936	0,19
Peso									**1**

Fonte: Rocha (2016).

A Figura 1 apresenta a posição de cada indicador de acordo com o nível de importância na escala e, entre parênteses, a ponderação (peso) obtida para cada indicador de estudo.

Figura 1. Posição dos indicadores na escala e, entre parênteses, a ponderação obtida



Fonte: Rocha, 2016.

De acordo com Figura 1 para a população amostral (cidade de Passo Fundo) dois indicadores destacam-se dos demais: a acessibilidade e a manutenção. Isso significa que, de acordo com a percepção dos entrevistados, o indicador acessibilidade (2,69) é relativamente mais importante que os demais. Em posição intermediária aparecem segurança (3,49), seguridade (3,81), atratividade visual (4,10) e permeabilidade (4,34). Em posição significativamente de menor importância em

relação aos demais, aparece o indicador de largura efetiva (4,74) e, como menos importante, a manutenção (4,78).

O índice de qualidade das calçadas (IQC) combinou a pontuação da avaliação técnica com a ponderação da percepção dos usuários quanto aos indicadores, tendo sido aplicada para cada uma das quadras selecionadas e representativa de cada um dos 16 setores urbanos.

A Tabela 4 ilustra os resultados da avaliação técnica do quarteirão de estudo no Setor 08 (Vila Planaltina), o qual teve o pior desempenho (H – péssimo).

Tabela 4. Avaliação técnica do Setor 08

Indicadores	**Nº de ordem do quarteirão: 08**		**Nº sorteado do quarteirão: 34**	
	Quadras			
	I	**II**	**III**	**IV**
Segurança	1	0	2	1
Manutenção	0	1	0	2
Largura efetiva	1	1	1	1
Seguridade	0	0	0	0
Atratividade visual	0	1	1	1
Permeabilidade	1	1	1	1
Acessibilidade	0	0	0	0
IQC	0,41	0,50	0,71	0,77
Nível de serviço	Péssimo	Péssimo	Péssimo	Péssimo

Fonte: Rocha, 2016.

A Tabela 5 ilustra a avaliação final do IQC no Setor 08 (Vila Planaltina).

Tabela 5. Índice de qualidade de calçadas calculado para quarteirão do Setor 08

	Índice de qualidade das calçadas	**Nível de serviço**
Q. I	IQC= (0,16x1)+(0,11x1)+(0,12x0)+(0,15x1)+(0,14x0)+(0,13x0)+(0,19x0)= 0,41	Péssimo (H)
Q. II	IQC= (0,16x0)+(0,11x1)+(0,12x1)+(0,15x0)+(0,14x1)+(0,13x1)+(0,19x0)= 0,50	Péssimo (H)
Q. III	IQC= (0,16x2)+(0,11x0)+(0,12x1)+(0,15x0)+(0,14x1)+(0,13x1)+(0,19x0)= 0,71	Péssimo (H)
Q. IV	IQC= (0,16x1)+(0,11x2)+(0,12x1)+(0,15x0)+(0,14x1)+(0,13x1)+(0,19x0)= 0,77	Péssimo (H)

Fonte: Rocha, 2016.

Os resultados (Tabelas 4 e 5) permitem concluir que o IQC no quarteirão da Vila Planaltina apresenta-se em péssimo (H) estado para todas as faces do quarteirão.

O mesmo trabalho foi elaborado para os dezesseis quarteirões de estudo e a soma das sessenta e quatro quadras avaliadas aleatoriamente e dividido pelo mesmo montante de quadras analisadas (64) permitiu identificar o atual índice de qualidade das calçadas para a área urbana de Passo Fundo, sendo este o equivalente a 1,92, o que corresponde ao IQC muito ruim (G).

A metodologia utilizada demonstrou ser adequada e de fácil aplicação. Ainda, convém ressaltar que o estudo do IQC considera tanto a avaliação técnica quanto a percepção dos usuários/moradores, chegando a um resultado final (faixa de serviço). Desse modo, orienta-se que a gestão pública considere não apenas o IQC, mas igualmente a avaliação técnica, pois há padrões mínimos de qualidade técnica, caminhabilidade ou acessibilidade que devem ser abordados nos parâmetros do projeto construtivo e da execução de calçadas mais sustentáveis.

Contudo, os resultados identificados eram os esperados. Uma vez que, as calçadas são tratadas de forma superficial pela gestão pública municipal local, estadual e até mesmo federal. Há muito

que se avançar para inserir a conscientização frente à importância da calçada para o meio urbano e para seus habitantes.

5. CONCLUSÃO

A calçada é a infraestrutura que garante a acessibilidade à cidade, uma vez que é de uso coletivo. Para que essa acessibilidade ao ambiente construído seja assegurada é necessário que as calçadas sejam adequadas e convidativas ao andar a pé. Desse modo, a gestão pública brasileira, de modo geral, deverá tratar com maior ênfase a temática das calçadas no contexto dos processos de planejamento, mobilidade e sustentabilidade urbana, discutindo soluções de projetos, implantação e adequação dessa infraestrutura a fim de garantir o ir e vir na cidade.

A percepção dos entrevistados (revelada pela escala de percepção do nível de importância) é voltada em maior proporção para a acessibilidade e a segurança nas calçadas. E, isso demonstra que há consciência por parte dos entrevistados quanto à importância da calçada, principalmente no aspecto de acessibilidade e de segurança para todos os indivíduos. No entanto, faltam iniciativas práticas e teóricas para alterar a realidade do índice de qualidade das calçadas (IQC) na cidade de Passo Fundo. Como exemplo, os entrevistados afirmam que desejam melhorias nas calçadas, porém, há casos em que o próprio participante da pesquisa não executou ou executou de maneira inadequada a calçada em frente ao seu lote.

A cidade que apresenta bons índices de qualidade das calçadas (IQC) tem reflexos positivos na sua mobilidade urbana, segurança pública, bem-estar populacional e bons índices de caminhabilidade. Porém, para se atingir bons resultados são necessários esforços múltiplos da gestão pública e de toda comunidade local. O índice de qualidade das calçadas – IQC – obtido para a cidade de Passo Fundo é considerado preocupante, uma vez que foi equivalente a 1,92, o que corresponde ao IQC muito ruim (G).

Durante o levantamento de campo a precariedade da infraestrutura foi evidenciada em diferentes bairros. Identificaram-se situações de descaso e irregularidades nas calçadas até mesmo na área central. Sendo a sua precariedade ainda mais evidente nos bairros mais afastados do centro da cidade, onde a situação das calçadas é lamentável, não existindo pavimentação na maioria das vezes.

Portanto, a pesquisa contribuiu para alertar a gestão pública municipal sobre a importância de desenvolver mecanismos alternativos para a transformação desta realidade desfavorável ao andar a pé pela cidade de Passo Fundo. Sugere-se ainda, a elaboração de forma integrada (gestão pública e comunidade passo-fundense) de uma cartilha para a padronização das calçadas. Também será necessário implantar a fiscalização efetiva a fim de promover a manutenção, a inserção de acessibilidade e sustentabilidade às calçadas já existentes, podendo assim melhorar o IQC da cidade e transformá-la em um ambiente urbano mais caminhável e acessível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: 2015 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Disponível em: <http://www.ufpb.br/cia/contents/manuais/abnt-nbr9050-edicao-2015.pdf>. Acessado em: 29 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE PÚBLICO – ANTP. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana Relatório Geral 2012. Disponível em:

<http://filesserver.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/01/CB06D67E-03DD-400E-8B86-D64D78AFC553.pdf>. Acessado em: 10 dez. 2016.

FERREIRA, M; SANCHES, S. Índice de Qualidade das Calçadas – IQC. Revista dos Transportes Públicos. São Paulo, 2001, v.01, n. 91, p. 47-60, 2001.

FERREIRA, M; SANCHES, S.. Proposal of a sidewalk accessibility index. Journal of Urban and Environmental Engineering, v.1, n.1 (2007) 1–9, 2007.

GHEL, J. Entrevista AU. Jan Gehl fala sobre cidades e escala humana. Disponível em: <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/215/jan-gehl-fala-sobre-cidades-e-escala-humana-250160-1.aspx>. Acessado em: 10 dez. 2016, 2011.

PACHECO, P. Os atributos da caminhabilidade. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2016/01/21/os-atributos-da-caminhabilidade/>. Acesso em: 15 dez. 2016.

PARK, S. Defining, measuring, and evaluating path walkability, and testing its impacts on transit users mode choice and walking distance to the station. Berkeley. Dissertation, University of California Transportation Center. UC Berkeley, 2008.

PORTUGUAL, L. S. Polos geradores de viagens orientados à qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens. Organizador. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2012.

ROCHA, V. T. Indicadores de planejamento urbano sustentável para o Rio Grande do Sul: foco na acessibilidade – RS. 2016. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

RODRIGUES, A. R. P. R.; Flórez J; Frenkel D. B.; Portugal L. S. Indicadores do desenho urbano e sua relação com a propensão a caminhada. Journal of Transport Literature, v. 8, n. 3, pp. 62-88, Jul. 2014.

200. ANÁLISE DA MICROACESSIBILIDADE DO PEDESTRE EM ÁREAS CENTRAIS DE CIDADES DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE AGUDOS, SP

GEBARA, Tatiana Rayra Jacon[*1] (tatiana.gebara.victorino@gmail.com); MOURA,Talita Ribeiro Soares[2](talita.rsm@gmail.com); CUCCI, Priscila Fernanda[3](arquitetura@priscilacucci.com); MAGAGNIN, Renata Cardoso[4](magagnin@faac.unesp.br)*

[1]Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP), Brasil
[2]Prefeitura Municipal de Bauru, Brasil
[3]Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP), Brasil
[4]Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Nas cidades de pequeno porte demográfico um grande número de deslocamentos diários é realizado pelo modo a pé. No entanto, muitas destas cidades apresentam vários problemas relacionados à infraestrutura destinada aos pedestres que podem dificultar ou impedir os deslocamentos de pessoas com algum tipo de restrição de mobilidade. Diante desta realidade, o objetivo deste artigo foi avaliar a qualidade da microacessibilidade dos pedestres em um importante eixo viário localizado na área central da cidade de Agudos (SP). A metodologia utilizada consistiu: de aplicação de vistoria técnica, registro fotográfico e o cálculo do Índice de Acessibilidade das Calçadas e Travessias (IACT). A avaliação técnica foi realizada a partir da análise de indicadores que permitiram avaliar a infraestrutura de calçadas e travessias, através dos aspectos relacionados ao conforto e segurança dos pedestres. Os resultados mostraram que as maiores deficiências encontradas estavam associadas à ausência de arborização e ao estado de conservação da superfície do piso. A aplicação do IACT mostrou que esse instrumento pode ser utilizado pelos gestores públicos para a realização de diagnóstico e proposição de soluções para a melhoria na microacessibilidade do pedestre.
Palavras-chave: Mobilidade Urbana, Índice de Acessibilidade, Cidades de pequeno porte.

ANALYSIS OF PEDESTRIAN MICRO ACESSIBILITY IN CENTRAL AREAS OF SMALL CITIES: CASE STUDY OF THE CITY OF AGUDOS, SP

ABSTRACT
In small demographic cities, a large number of daily commutes are performed by walking. However, most infrastructures often lack access for pedestrians with disabilities or mobility restriction. Because of this problem, the objective of this article is to evaluate the quality of the micro accessibility of pedestrians in an important roadway located in the central area of the city Agudos (SP). The methodology used is the following: the application of the technical survey, the photographic record and the calculation of the Accessibility Index of the sidewalks and Crosswalks (IACT). The technical evaluation was carried out, based on the analysis of indicators that allowed the evaluation of the infrastructure of sidewalks and crosswalks, for the comfort and safety of pedestrians. The results showed that the greatest deficiencies are associated with the absence of landscape and the

preservation of the sidewalks. The IACT application can be used for the diagnosis and evaluation of solutions to improve the micro accessibility for pedestrian with disabilities.
Keywords: Urban Mobility, Accessibility Index, Small cities

1. INTRODUÇÃO

A realidade brasileira ainda é muito limitada em relação á promoção da acessibilidade nos espaços de uso público; pois muitos destes espaços possuem inúmeros problemas urbanos relacionados à acessibilidade, decorrentes da presença de barreiras arquitetônicas e urbanísticas que podem dificultar e, em alguns casos, impedir o deslocamento de pessoas com restrição de mobilidade total ou parcial (MAGAGNIN; PRADO; VANDERLEI, 2014).
Embora o Brasil tenha muitas legislações, normatizações e estudos sobre acessibilidade, muitos espaços de uso público, em especial aqueles localizados na região central das cidades, ainda apresentam inúmeros problemas relacionados à acessibilidade (MACHADO, 2008).
Campêlo (2011), Machado (2008), Brasil (2007) associam ao termo acessibilidade a possibilidade e condição do usuário em alcançar qualquer objeto ou ambiente para utilizá-lo com segurança e autonomia. Ou seja, a acessibilidade deve garantir que os indivíduos possam se locomover com independência e interagir de forma confortável e sem riscos em todos os espaços, desenvolvendo qualquer atividade no meio urbano.
De acordo com Litman (2008), a acessibilidade pode ser avaliada em diferentes níveis de escala: micro-escala, escala regional e escala inter-regional. A avaliação da infraestrutura destinada ao pedestre insere-se dentro da micro-escala, também denominada de microacessibilidade (LITMAN, 2008). Para efeito desta pesquisa, quando o termo acessibilidade for citado, este se reportará à acessibilidade na escala micro. A microacessibilidade pode ser afetada pela qualidade das condições físicas dos pedestres, pela proximidade e agrupamento de atividades, e pela infraestrutura viária ofertada (LITMAN, 2008).
A partir destas definições, pode-se afirmar que para um espaço de uso público ser considerado acessível é necessário que apresente facilidades em relação ao deslocamento, a comunicação, ao uso e a orientação espacial dos usuários, independente seu grau de mobilidade (MAGAGNIN; MENEZES, 2016).
Estudos relacionados ao ambiente construído têm demonstrado que a qualidade dos espaços pode interferir em seu uso, na frequência de utilização dos espaços e nos aspectos psicológicos, sociais e físicos dos usuários (BESTETTI, 2006). Bins Ely (2004) atribui ao ambiente, a forma com que os usuários se apropriam dele para realizarem suas atividades sejam elas: lazer, compras, estudos, etc. Neste sentido, no caso das pessoas com deficiência, se o ambiente não foi projetado para ser utilizado por todos, ele pode ser um segregador, excluindo muitos usuários do convívio social, impedindo ou dificultando que exerçam o papel de cidadãos, como qualquer outro indivíduo.
Neste sentido, para que os usuários possam sentir conforto e segurança é necessário a adequação de alguns problemas relacionados à microacessibilidade, tais como: tipo de pavimento largura mínima da calçada, estado de conservação do piso, nivelamento e rugosidade do piso, localização do mobiliário urbano (postes de iluminação, bueiros, lixeiras, placas, arborização), faixas de pedestres e travessias.

2. OBJETIVO

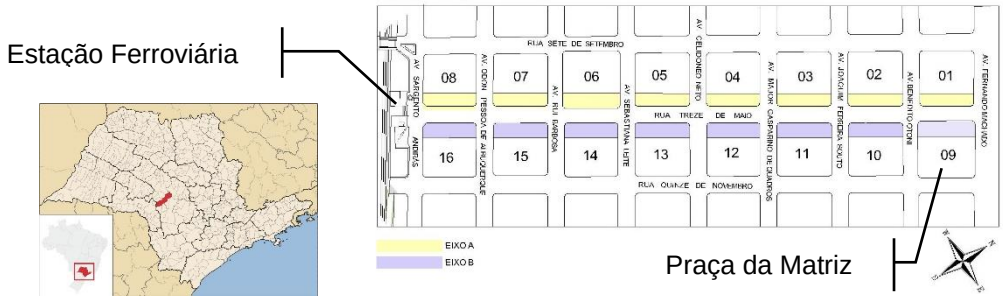
Analisar a microacessibilidade do pedestre em um eixo viário localizado na área central de uma cidade de pequeno porte demográfico.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1. Objeto de Estudo

O estudo de caso foi realizado no município de Agudos, cidade de pequeno porte, localizada na região centro-oeste do Estado de São Paulo (figura 1). O município possui uma área de 966,708 km^2 de território e uma população de 34.524 habitantes (IBGE, 2016). O recorte espacial é compreendido por 16 faces de quadras localizadas na área central de Agudos - Rua Treze de Maio (figura 1).

Figura 1. Localização do município de Agudos em SP e localização do recorte espacial, sem escala



Fonte: adaptado de Google Earth, 2016.

A região estudada apresenta topografia levemente acidentada. A malha urbana, em formato xadrez, possui quadras ortogonais com dimensões que variam entre 80 a 90 metros. A área analisada faz parte do eixo inicial de formação da cidade; onde o núcleo histórico encontra-se delimitado entre a estação ferroviária e a Igreja Matriz (figura 1). Atualmente, esta região é predominantemente de uso residencial, contudo o eixo viário em estudo possui uso comercial e/ou serviços.

Neste recorte espacial, a calçada possui 2,50 m de largura. Muitas dessas quadras apresentam problemas de conservação do piso, tais como rachaduras e/ou buracos ou com desgastes de material que interferem no deslocamento de pedestres com mobilidade reduzida e cadeirantes. A Iluminação é ruim e pode comprometer o deslocamento dos usuários. Nesse trecho analisado, a presença de árvores é quase que inexistente.

3.2. Instrumentos de Avaliação

Para identificar o grau de microacessibilidade espacial no eixo viário analisado foi utilizada a metodologia desenvolvida por Keppe Junior (2007). Este método tem como objetivo avaliar o desempenho da infraestrutura das calçadas, faixas de pedestre e espaços públicos, tendo como enfoque as necessidades das pessoas portadoras de deficiência física ou com mobilidade reduzida. A metodologia foi subdividida nas seguintes fases: i) *Definição dos temas e Indicadores;* ii) *Ponderação dos atributos*; iii) *Avaliação técnica*; e iv) *Cálculo do* Índice de Acessibilidade das Calçadas e Travessias - IACT. Na sequencia é apresentada cada uma das etapas.

I. Definição dos Temas e Indicadores e seus respectivos pesos – nesta etapa foram utilizados os Temas e Indicadores definidos na pesquisa de Keppe Junior (2007), tabela 1. Os quinze Indicadores foram agrupados em nos seguintes temas:

Aspectos de conforto: referem-se ao grau de dificuldade relacionado à existência ou não de obstáculos que impeçam ou dificultem o movimento e o uso das calçadas e dos espaços públicos.

Aspectos de segurança: referem-se à possibilidade de ocorrência de conflito entre veículos e cadeirantes – ao risco de acidentes e ferimentos a que estas pessoas ficam expostas durante a circulação pelas calçadas.
Aspectos do ambiente: referem-se às condições do meio ambiente, encontradas e percebidas pelos cadeirantes e pedestres durante a circulação pelos espaços públicos. (KEPPE JUNIOR, 2007, p. 67)

Tabela 1. Variáveis de caracterização física e ambiental da infraestrutura das calçadas

Tema	Indicador		Peso
Qualidade de Conforto P = 0,33	Largura efetiva da calçada	**C1**	0,15
	Estado de conservação da superfície da calçada	**C2**	0,30
	Inclinação longitudinal da calçada	**C3**	0,15
	Inclinação transversal da calçada	**C4**	0,15
	Características do material utilizado no revestimento da calçada	**C5**	0,25
Qualidade de Segurança P = 0,39	Existência de sinalização e rebaixamento de calçadas	**S1**	0,30
	Percepção da aproximação dos veículos	**S2**	0,15
	Fluxo de veículos na intersecção	**S3**	0,20
	Estado de conservação da superfície do leito carroçável	**S4**	0,20
	Visão de aproximação dos veículos na travessia	**S5**	0,15
Qualidade do Ambiente P = 0,28	Arborização ao longo da calçada	**A1**	0,30
	Estética do ambiente	**A2**	0,15
	Localização da calçada	**A3**	0,10
	Iluminação da calçada	**A4**	0,20
	Visão em profundidade	**A5**	0,25
∑= 1,00			**∑= 1,00**

Fonte: adaptado de Keppe Junior, 2007.

II. **Definição dos Pesos** - na sequência foram definidos os pesos para os Indicadores e para os Temas. A atribuição dos pesos foi realizada somente pelos pesquisadores com base nos pesos utilizados por Keppe Júnior (2007), não houve entrevistas com usuários de cadeiras de rodas ou pessoas com mobilidade reduzida. Adotou-se o mesmo peso da pesquisa de Keppe Junior para os pesos dos Temas (tabela 1). Em relação aos indicadores, aqueles relacionados ao Tema Qualidade de Conforto foram adotados os mesmos valores utilizados na pesquisa de Keppe Júnior (2007). Em relação aos Indicadores dos Temas Qualidade de Segurança e Qualidade do Ambiente, estes foram alterados adequando-os para uma escala cujos valores são múltiplos de 5 (esses ajustes ocorreram apenas na casa centesimal).

III. **Avaliação Técnica** - Posteriormente, foi definida a forma de avaliação da vistoria técnica. Nesta etapa seguiu-se a metodologia descrita por Keppe Junior (2007), onde cada indicador deve ser avaliado em um intervalo de notas entre 0 a 5 pontos, sendo: o valor 0 (péssimo/ inexistente); 1 (ruim); 2 (regular); 3 (bom); 4 (ótimo); e 5 (excelente). A tabela 2 apresenta um exemplo de avaliação do Indicador Iluminação.

Tabela 2. Exemplo de avaliação do indicador Iluminação da calçada

Ind	Descrição	Pontos
Iluminação da calçada	Durante o período da noite, a calçada apresenta excelente iluminação.	5
	Durante o período da noite, a calçada apresenta boa iluminação.	4
	Durante o período da noite, a calçada apresenta iluminação regular.	3
	Durante o período da noite, a calçada apresenta iluminação ruim.	2
	Durante o período da noite, a calçada apresenta iluminação péssima.	1
	A calçada não apresenta iluminação.	0

Fonte: Keppe Junior, 2007, p. 97.

IV. Cálculo do Índice de Acessibilidade das Calçadas e Travessias – a quarta etapa consistiu no cálculo do Índice de Acessibilidade. O objetivo desse índice não foi estabelecer um ranking entre as calçadas do eixo viário analisado, mas obter um diagnóstico do grau de acessibilidade espacial por face de quadra; e assim permitir que o município possa identificar qual quadra necessita de adequação espacial. Para a definição deste índice utilizou-se como referência a equação desenvolvida por Keppe Junior (2007). O IACT pode ser calculado através das Equações mostradas a seguir.

$$\mathbf{IACT_{QC} = QC *} [P_{C1} (\sum_{i=1}^{n} C1_n I_n) + P_{C2} (\sum_{i=1}^{n} C2_n I_n) + P_{C3} (\sum_{i=1}^{n} C3_n I_n) + P_{C4} (\sum_{i=1}^{n} C4_n I_n) + P_{C5} (\sum_{i=1}^{n} C5_n I_n)] / L \quad [1]$$

$$\mathbf{IACT_{QA} = QA *} [P_{A1} (\sum_{i=1}^{n} A1_n I_n) + P_{A2} (\sum_{i=1}^{n} A2_n I_n) + P_{A3} (\sum_{i=1}^{n} A3_n I_n) + P_{A4} (\sum_{i=1}^{n} A4_n I_n) + P_{A5} (\sum_{i=1}^{n} A5_n I_n)] / L \quad [2]$$

$$\mathbf{IACT_{QS} = QS} *[P_{S1} (\sum_{i=1}^{n} S1_n) + P_{S2} (\sum_{i=1}^{n} S2_n) + P_{S3} (\sum_{i=1}^{n} S3_n) + P_{S4} (\sum_{i=1}^{n} S4_n) + P_{S5} (\sum_{i=1}^{n} S5_n)] \quad [3]$$

$$\mathbf{IACT_{GLOBAL}} = \mathbf{IACT_{QC} + IACT_{QA} + IACT_{QS}} \quad [4]$$

Onde:

- *QC, QS e QA* representam, respectivamente, o grau de importância dos aspectos de qualidade Conforto, Segurança e Ambiente das calçadas e travessias de ruas;
- P_{C1}, P_{C2}, P_{C3}, P_{C4}, P_{C5} representam, respectivamente, os pesos dos indicadores: largura efetiva, estado de conservação da calçada, inclinação longitudinal, inclinação transversal, tipo de material usado no revestimento, atribuídos pelos pesquisadores aos aspectos de conforto;
- P_{A1}, P_{A2}, P_{A3}, P_{A4} e P_{A5} representam, respectivamente, os pesos dos indicadores: arborização, estética, localização da calçada, iluminação e visão em profundidade, atribuídos pelos pesquisadores ao tema qualidade dos aspectos do ambiente;
- P_{S1}, P_{S2}, P_{S3}, P_{S4}, P_{S5} representam, respectivamente, os pesos dos indicadores: existência de sinalização e rampas, percepção da aproximação dos veículos, fluxo de veículos, estado de conservação da superfície do leito carroçável e visão da aproximação dos veículos na travessia à jusante da calçada, atribuídos pelos pesquisadores aos aspectos de segurança;
- $C1_i$, $C2_i$, $C3_i$, $C4_i$, $C5_i$, representam, respectivamente, a pontuação obtida no trecho i da calçada na avaliação técnica dos indicadores: largura efetiva, estado de conservação da superfície da calçada, inclinação longitudinal, inclinação transversal, tipo de material utilizado no revestimento, características dos aspectos de qualidade de conforto;

- $A1_i$, $A2_i$, $A3_i$, $A4_i$ e $A5_i$, representam, respectivamente, a pontuação obtida pelo trecho i da calçada na avaliação técnica das variáveis: arborização ao longo da calçada, estética do ambiente, localização da calçada, iluminação da calçada e visão em profundidade, características dos aspectos de qualidade do meio ambiente.
- *S1, S2, S3, S4, S5* representam, respectivamente, a pontuação obtida na travessia à jusante da calçada na avaliação técnica dos indicadores: existência de sinalização e rampas, percepção da aproximação dos veículos, fluxo de veículos, estado de conservação da superfície do leito carroçável e visão da aproximação dos veículos, características dos aspectos de qualidade de segurança;
- l_1, l_2 ..... l_n *representam os comprimentos das testadas dos n lotes lindeiros à calçada;*
- *L representa o comprimento da quadra* ($al_1 + l_2$ .....+ l_n)

O resultado obtido na aplicação da equação 4 deve ser comparado com os dados apresentados na tabela 3; ela apresenta o Nível de Serviço (NS) para cada faixa do IACT.

Tabela 3. **Índice de Acessibilidade das Calçadas e Travessias (IACT) e Nível de Serviço (NS)**

Pontuação	Condição	NS	Visualização do NS
5,0	Excelente	A	
4,0 a 4,9	Ótimo	B	
3,0 a 3,9	Bom	C	
2,0 a 2,9	Regular	D	
1,0 a 1,9	Ruim	E	
0,0 a 0,9	Péssimo	F	

Fonte: Adaptado de Keppe Junior, 2007.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados os resultados obtidos através da aplicação da vistoria técnica e do cálculo do IACT para o eixo viário estudado. A tabela 4 apresenta o resultado da avaliação do recorte espacial estudado.

Tabela 4. Índice de Acessibilidade das Calçadas e Travessias (IACT)

		QUADRAS - EIXO A								QUADRAS - EIXO B							
Tema	**Ind**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
Qualidade de Conforto	**C1**	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5
	C2	4	4	4	4	3	5	3	4	5	2	4	4	3	4	3	4
	C3	5	5	3	3	5	5	4	5	5	3	5	2	3	5	5	4
	C4	5	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	3	4	5	5	4
	C5	4	4	4	4	4	2	2	5	5	5	4	4	4	5	5	4
Qualidade de Segurança	**S1**	2	3	2	3	3	4	4	3	2	2	2	2	3	4	3	2
	S2	3	4	3	4	4	5	5	4	3	3	3	3	4	5	4	3
	S3	3	3	3	4	5	5	5	5	3	3	3	4	5	5	5	5
	S4	5	4	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	4	3	3
	S5	3	4	3	4	4	5	5	5	3	3	3	3	3	5	5	5

Qualidade do Ambiente	A1	3	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
	A2	5	5	3	3	3	3	4	5	5	5	5	3	1	4	2	5
	A3	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5
	A4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3
	A5	5	5	5	4	4	3	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5
I testada dos lotes		75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
L da quadra		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
IACT por face quadra		**2,71**	**2,85**	**2,47**	**2,64**	**2,81**	**3,09**	**2,73**	**3,13**	**2,78**	**2,31**	**2,63**	**2,45**	**2,56**	**3,28**	**2,88**	**2,72**
$IACT_{GLOBAL}$ = 2,75																	

A avaliação dos indicadores do Tema *Qualidade de Conforto* mostrou que todas as quadras possuem uma *largura efetiva* (C1) entre 1,50 m a 2,00 m, conforme recomenda a NBR 9050 e livres e qualquer obstáculo aos deslocamentos dos pedestres. Em relação ao indicador *Estado de conservação da superfície* (C2) a avaliação revelou que em 31,2% das quadras há problemas de conservação do piso (avaliações entre 2 e 3 pontos); foram encontradas calçadas com pequenas rachaduras e/ou buracos ou com desgastes de material que interferem no deslocamento de pedestres com mobilidade reduzida e cadeirantes. De acordo com a NBR 9050, a inclinação transversal máxima recomendável é de 3% e a inclinação longitudinal máxima deve ser de 8,33%; no trecho analisado, observou-se que em relação ao indicador *Inclinação longitudinal* (C3) em 31,2% das quadras analisadas há desníveis de até 5 cm o que dificulta o deslocamento de pessoas com mobilidade reduzida total ou parcial. Em relação à *inclinação transversal* (C4) os resultados mostraram que esta inclinação estava entre 2% a 5%. O indicador *Características do material utilizado no revestimento* (C5) foi identificado como problema de acessibilidade espacial em 12,5% das quadras avaliadas, pois o material foi caracterizado como muito rugoso – presença de pedra portuguesa.

Em relação ao Tema *Qualidade de Segurança*, a avaliação do indicador *Existência de sinalização e rebaixamento de calçadas* (S1) revelou que 43,7% das quadras obtiveram uma avaliação considerada regular (2 pontos) e 37,5% a avaliação foi boa (3 pontos). Nestas quadras foi constatada a presença de rebaixamento de calçadas, sem faixa de travessia (somente nas quadras com avaliação regular) e sem semáforos. Em relação à *Percepção da aproximação dos veículos* (S2) a avaliação mostrou que em 43,7% das faces quadras analisadas ela é considerada boa (3 pontos); isto ocorreu pois algumas conversões são realizadas nos dois sentidos (à direita e à esquerda), o que torna a travessia mais perigosa. A análise do indicador *Fluxo de veículos na intersecção* (S3) constatou que apenas 37,5% das quadras obtiveram uma avaliação considerada boa, pois há presença de fluxo de veículos leves e pesados na travessia, isto ocorreu por ser uma região central da cidade. A avaliação do indicador *Estado de conservação da superfície do leito carroçável* (S4), mostrou que em 56,2% das travessias o piso encontra-se em um estado de conservação ruim, com alguns buracos o que pode comprometer a circulação dos pedestres nesta área. A análise do indicador *Visão de aproximação dos veículos na travessia* (S5), revelou que em 43,7% das intersecções analisadas os usuários têm boa visão de aproximação dos veículos, pois possuem um alcance de visão superior a 50 m e não há trânsito intenso de pedestres.

Os resultados da avaliação do Tema *Qualidade do Ambiente* mostrou que em relação ao indicador *Arborização ao longo da calçada* (A1), 81,2% das quadras obtiveram avaliação ruim (1ponto), pois

nesta região não há arborização, com exceção da Praça da Matriz. Esta ausência de arborização na área central causa desconforto aos pedestres, principalmente no período do verão onde as temperaturas médias alcançam 30ºC. Em relação à *Estética do ambiente* (A2) os resultados mostram que 12,4% das quadras foram avaliadas entre ruim a regular, pois foi identificado o recobrimento das fachadas e inexistência de identidade visual e 31,2% como tendo boa atratividade para os deslocamentos dos pedestres. A análise do indicador *Localização da Calçada* (A3) revelou que não há qualquer problema neste recorte espacial, pois as quadras tem extensão mediana, baixa densidade de pedestres, baixo fluxo de veículos com possibilidade de integração com outros modos de transporte – bicicleta e ônibus, sua avaliação ficou entre ótima a excelente. A *Iluminação da calçada* (A4) neste eixo viário foi considerada boa em 62,5% das quadras avaliadas; observou-se que em alguns locais ela precisa ser melhorada para permitir que todos os usuários possam se deslocar com conforto e segurança. O indicador *Visão em profundidade* (A5) recebeu avaliação entre ótimo a excelente em 93,8% das quadras o que indica que não há obstruções permanentes que comprometem o deslocamento dos pedestres nesta região.
Ao analisar os resultados do IACT por face de quadra observa-se que 81,2% das quadras avaliadas foram consideradas regulares, ou seja, o usuário de cadeira de rodas ou aquele com mobilidade reduzida sofrerão desconforto ao se deslocarem nestas quadras. A figura 2 apresenta um mapa síntese dos resultados do IACT por quadra.

Figura 2. Mapa com o resultado do IACT por face de quadra, sem escala



O resultado do $IACT_{GLOBAL}$ também ratificou os resultados obtidos nas avaliações parciais. O índice de 2,75 mostra que a infraestrutura para pedestres desse eixo viário precisa ser melhorada para permitir que todos os usuários possam se deslocar com conforto e segurança nesta região da cidade. As figuras 3, 4 e 5 mostram alguns problemas encontrados no eixo viário analisado.

Figura 3. Face 2: Ausência de arborização



Figura 4. Face 3: Recobrimento das fachadas e inexistência de identidade visual



Figura 5. Face 9: Rebaixamento de calçadas, sem faixa de travessia e sem semáforos



5. CONCLUSÃO

A adequação das calçadas em relação à acessibilidade espacial é um fator determinante para as cidades proporcionarem deslocamentos mais seguros às pessoas com restrição de mobilidade.
Os resultados evidenciaram que apesar do recorte espacial estar localizado em uma área central, as calçadas analisadas apresentam problemas de acessibilidade espacial relacionados aos aspectos de segurança e conforto dos pedestres.
O resultado do IACT por quadra variou entre 2,31 a 3,28, ou seja, as pessoas com mobilidade reduzida total ou parcial precisarão de auxílio para se deslocarem em algumas faces destas quadras. O $IACT_{GLOBAL}$ de 2,75 confirmou esta avaliação parcial. A partir destes resultados os gestores municipais podem adequar as quadras e travessias desta região para tornar a área central do município mais acessível a todos os cidadãos.
Diante dos resultados, pode-se afirmar que a metodologia utilizada contribui para a realização de um diagnóstico da qualidade da microacessibilidade no que tange aos aspectos de qualidade de conforto, qualidade de segurança e qualidade do ambiente. Sugere-se para trabalhos futuros um estudo mais ampliado para a definição dos pesos dos indicadores e temas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BESTETTI, M. L. T.; GRAEFF, B & DOMINGUES, M.A. O impacto da urbanidade no envelhecimento humano: o que podemos aprender com a estratégia Cidade Amiga do Idoso? Revista Temática Kairós Gerontologia. São Paulo. 2012

BINS ELY, V. H. M. Acessibilidade Espacial - Condição Necessária para o Projeto de Ambientes Inclusivos. In: Moraes, A. de (Ed.). Ergodesign do Ambiente Construído e Habitado. Ambiente Urbano, Ambiente Público, Ambiente Laboral. Rio de Janeiro: iUsER, 2004.

BRASIL. Ministério das Cidades. PlanMob Construindo a cidade sustentável. Caderno de referência para a elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana. Brasília. 2007.

CAMPÊLO, A. E. P. Proposição de modelo para escolha de rotas urbanas acessíveis considerando-se os critérios de microacessibilidade para as pessoas com deficiência física motora. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTASTÍSTICA. Disponível em: http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=350070&search=||infográficos:-dados-gerais-do-município. Acesso em 23 out. 2015.

LITMAN, Todd. Traffic, Mobility and Accessibility. In: Measuring Transportation. Victoria Transport Policy Intitute (VTPI). 2008.

MACHADO, C. Planejamento da circulação do pedestre no espaço turístico urbano: uma análise no centro histórico do Pelourinho. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Urbana. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2008.

MAGAGNIN, R. C.; MENEZES, P. A. Acessibilidade espacial no centro histórico de Santos (Brasil): as dificuldades enfrentadas pelos idosos. In: Anais... Rehabend 2016. Burgos. 2016. p. 2479-2486.

MAGAGNIN, R. C.; PRADO, M. D.; VANDERLEI, C. B. The municipal urban accessibility policy in a medium-sized city: the case of Bauru - Brazil. In: Anais... Proceedings of XVIII Congreso Panamericano de Ingenieria de Transito, Transporte y Logísitca. Santander, 2014.

KEPPE JUNIOR, C. L. G. Formulação de um indicador de acessibilidade das calçadas e travessias. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Engenharia Urbana, UFSCAR. 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE AGUDOS. Disponível em: http://www.agudos.sp.gov.br. Acesso em 23 out. 2015.

205. ESCALA DE CAMINHABILIDADE POR MEIO DA PERCEPÇÃO DOS MORADORES: APLICAÇÃO DO NEWS (NEIGHBORHOOD ENVIRONMENT WALKABILITY SCALE) NA CIDADE DE CAMBÉ-PR

TAMANAKA, Natalia [1] (natalia.tamanaka1@gmail.com); SILVA, Adriane[1] (adrianefer@gmail.com); KANASHIRO, Milena[1]* (milena@uel.br)
[1]Universidade Estadual de Londrina (UEL), Brasil
Autor correspondente

RESUMO
Nas discussões de mobilidade urbana sustentável, o deslocamento a pé não tem sido considerado de grande relevância. Diversas pesquisas apontam a correlação entre a forma do ambiente construído como suporte às cidades mais caminháveis. Embora a maioria dos estudos analisem fatores objetivos, as pesquisas indicam a necessidade de entender variáveis comportamentais as quais podem variar de acordo com os contextos socioculturais, econômicos e de configuração urbana. Assim, esta pesquisa, a partir da indicação de setores censitários nos quais as pessoas mais caminham na cidade de Cambé-PR, utiliza o instrumento NEWS (Neighborhood Environment Walkability Scale) com a aplicação de 90 questionários. O objetivo principal do estudo é entender os constructos do ambiente construído caminhável, considerando a percepção dos moradores. A análise comparativa demonstra as particularidades de cada setor e, considerando o perfil econômico revela as diferenças, principalmente na infraestrutura existente entre os locais próximos ao centro e periféricos. Ressalta 3 itens importantes para o aumento do deslocamento a pé: a satisfação com o bairro, a diversidade do uso do solo e a conectividade das vias. A pesquisa contribui na discussão do aumento da caminhabilidade e direcionaria a mobilidade ativa como uma das alternativas para um ambiente mais sustentável.
Palavras-chave: Ambiente construído, percepção, caminhabilidade, NEWS, mobilidade urbana sustentável.

WALKABILITY SCALE FROM DWELLERS PERCEPTION: THE USE OF NEWS (NEIGHBORHOOD ENVIRONMENT WALKABILITY SCALE) IN CAMBÉ CITY-PR

ABSTRACT
Considering the issues of sustainable urban mobility, walking has not been considered. Several studies point out the correlation of the built environment to support more walkable cities. Although most of them analyse objective factors, research indicates the necessity to understand behavioural variables, which may vary according to sociocultural, economic and urban contexts. Based on the indication of more walkable census tracts in the city of Cambé-PR, this research apply the instrument called NEWS (Neighborhood Environment Walkability Scale) with 90 questionnaires. The main objective of this study is to comprehend the environmental constructs of walkable neighbourhoods, from the dwellers perception. The comparative analysis shows particularities of each sector, considering economic issues, such as the difference of infrastructure between the areas near the downtown and outskirts. The finding highlights three important items for increasing walking: satisfaction with the neighbourhood, diversity of land use and connectivity of the streets. This

research contributes to the discussion of walkability and established guidelines to improve active mobility for a more sustainable environment.
Keywords: built environment, perception, walkability, NEWS, sustainable urban mobility.

1. INTRODUÇÃO

As discussões sobre mobilidade urbana, de acordo com Maricato (2014), têm sido baseadas no transporte rodoviarista, que prioriza o transporte individual em detrimento ao transporte público coletivo, sendo um dos maiores fatores que corroboram para a condição desfavorável à qualidade de vida na cidade. Portanto, considerando a área destinada aos espaços públicos, nos grandes centros urbanos, as vias para automóveis ocupam em média 70% da área, segundo o Instituto de Energia e o Meio Ambiente (2010).

O espaço das cidades dá o suporte, ao longo do tempo, para inúmeras transformações e evoluções de elementos da convivência humana. Contudo, de acordo com Gehl (2010), a escala humana, por décadas vem sendo ignorada enquanto outras questões, como o tráfego de automóveis são prioridades. Nessa discussão, o deslocamento a pé não tem sido considerado de grande relevância, embora diversas pesquisas apontam a correlação entre a forma do ambiente construído como suporte às cidades mais caminháveis.

Soma-se que o deslocamento a pé é um fator importante para a promoção da prática de atividade física sendo uma das principais recomendações para doenças provenientes do sedentarismo, como por exemplo obesidade e doenças cardíacas. De acordo com Malavasi (2006), a busca das razões para a falta de aderência à prática de atividades físicas instiga vários pesquisadores a procurarem respostas. Entre elas, emerge a discussão do ambiente construído como suporte para a caminhabilidade. Estudos indicam que pessoas que vivem em bairros tradicionais, com maior densidade residencial, uso de solo misto (residencial e comercial) e ruas padrões com quarteirões de dimensões menores, deslocam-se mais a pé e de bicicleta. (SAELINS et al., 2003).

Entre as discussões de configuração urbana, o desenvolvimento de *Walkability Index* tem se tornado um indicador para a análise das características do ambiente construído consideradas de maior influência positiva sobre os níveis de atividade física (ELLIS et al., 2015).

No entanto, existem questionamentos sobre a relação entre atributos físicos e comportamentais (HANDY et al., 2002; SAELENS et al., 2003). Desta forma, esta pesquisa utiliza um dos instrumentos de medição da percepção dos moradores, o NEWS (Neighborhood Environment Walkability Scale). Esse instrumento, segundo Saelens et al (2003) foi desenvolvido nos Estados Unidos e obteve seus valores para testes e retestes classificado de moderado a alto, evidenciando a sua validade. Já foi aplicado em Adelaide- Austrália (CERIN; LESLIE; BAUMAN, 2008); Kansas-EUA; (KACZYNSKI,2010); Singapura (NYUNT, et al, 2015) e, nas capitais brasileiras de Curitiba e Vitória (GOMES, et al, 2011). Segundo esses estudos, a percepção dos moradores pode variar de acordo com os contextos socioculturais, econômicos e de configuração urbana, sugerindo a aplicação do instrumento em diversos países, em cidades de dimensões diferenciadas.

Assim, esta pesquisa contribui para a inserção dos componentes percebidos pelos moradores nas discussões de mobilidade ativa e, podem apontar diretrizes de caminhabilidade na organização de setores urbanos, principalmente em cidades de porte médio brasileiras.

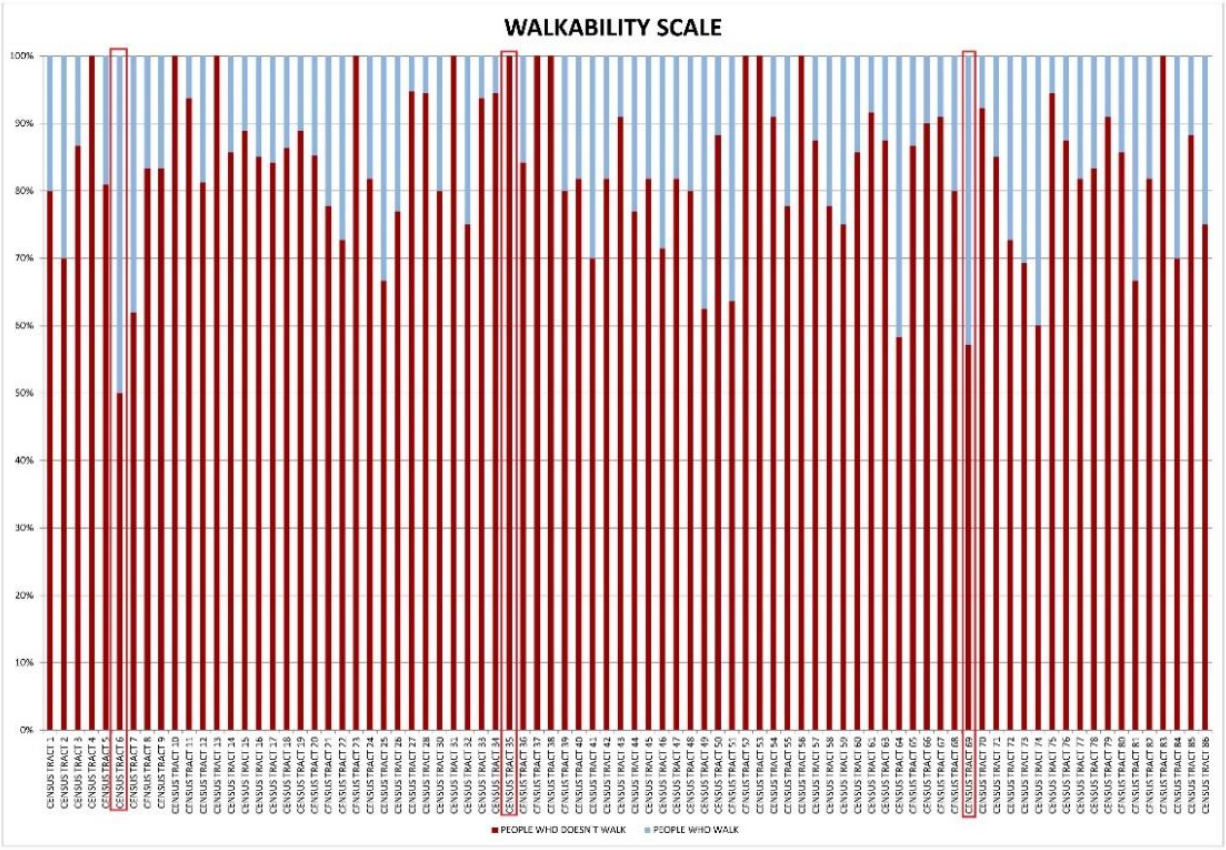
2. OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo principal avaliar os níveis de caminhabilidade dos bairros, por meio da percepção dos moradores, considerando a configuração espacial. Para atingir tal objetivo realizou-se a aplicação do instrumento NEWS na cidade de Cambé localizada no norte do Paraná. O instrumento define temáticas para o entendimento da percepção dos moradores, a saber: densidade residencial, diversidade do uso do solo, acesso ao comércio e serviços, conectividade da malha, segurança do pedestre e satisfação com o local de moradia. O questionário aplicado, em três setores censitários, permite enquanto objetivos específicos a discussão dos elementos do ambiente construído a partir da apreensão destes pelos moradores.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O questionário NEWS, de acordo com Cerin (2006) trata-se de uma ferramenta desenvolvida para obter percepções dos moradores sobre as características dos bairros relacionadas ao transporte com o intuito de contribuir para um aumento da frequência de caminhadas.
O instrumento é composto por 9 sessões (de A a I) tratando-se de perguntas fechadas, e o entrevistado escolhe a melhor respostar dentre as alternativas apresentadas, a partir do seu entendimento em relação ao bairro. O questionário NEWS possui uma pontuação no qual cada resposta tem um peso pré-definido e o cálculo da pontuação de cada bairro é feito a partir de uma média simples das respostas, aplicando os pesos. Tem-se como exceção a esse modelo, a sessão A (sobre densidade residencial) que é calculada através da formula A = A1 + (12 * A2) + (10 * A3) + (25 * A4) + (50 * A5) + (75 * A6), para que se possa ajustar a relação entre edifícios de habitação coletiva ou de residências térreas.
Quanto maior o resultado de cada sessão, maior a indicação de ser um bairro mais caminhável. Das 9 sessões do questionário, 8 usam a escala Likert, de resposta psicométrica definindo níveis de concordância em 4 ou 5 categorias, a exceção ao modelo de repostas é a sessão B.
Para a definição das áreas de aplicação do questionário, utilizou-se o banco de dados da pesquisa VIGIOCARDIO coordenada por Loch (2013). Nessa pesquisa foram identificados os setores censitários nos quais os moradores deslocavam-se a pé, para o lazer ou trabalho. Dentre os 84 setores, considerando que cada setor demográfico do IBGE abrange um número diferente de residentes e, na proporcionalidade entre residentes x residentes que caminham, os setores apontados como maior número de moradores que afirmaram caminhar foram, na sequência: 06, 69, 64, 74, 51 e 49. No outro extremo verificou-se vários setores em que os residentes reconheceram não se deslocarem a pé: 04, 09, 13, 23, 31, 35, 37, 38, 52, 53, 56 e 83. Assim, foram definidos dois setores censitários apontados como mais caminháveis (setores 06 e o 69) e um dos setores de menor caminhabilidade (setor 35) para a aplicação do questionário NEWS na cidade de Cambé, localizada no norte do Paraná. (Gráfico 1).

Gráfico 1. Escala de Caminhabilidade nos setores censitários de Cambé



Fonte: *Loch (2013); organizado pelos autores (2016).*

A aplicação do NEWS - *Neighbourhood Environment Walkability Scale*- ocorreu em diferentes dias e horários, com uma amostra de 30 questionários por setor, totalizando 90 questionários. Utilizou-se o TIM-R para a definição de amostragem aleatória simples. No caso, se por qualquer motivo, não fosse possível a aplicação do mesmo na residência previamente definida, deveria seguir-se para a moradia localizada à direita. O critério adotado para escolha do entrevistado, foi a idade, e caso não fosse possível, a segunda pessoa na ordem subsequente.

A figura 02 faz uma sistematização das características gerais dos setores. Em uma primeira aproximação, os dois setores censitários apontados com um maior número de moradores que se deslocam a pé, possuem características espaciais – padrão de quadras, lotes, entorno imediato, distância da área central - bem como um perfil socioeconômico diferenciados. Por outro lado, há uma similaridade espacial entre os setores 69 e 35.

Figura 02: Caracterização dos setores 06, 69 e 35 na cidade de Cambé

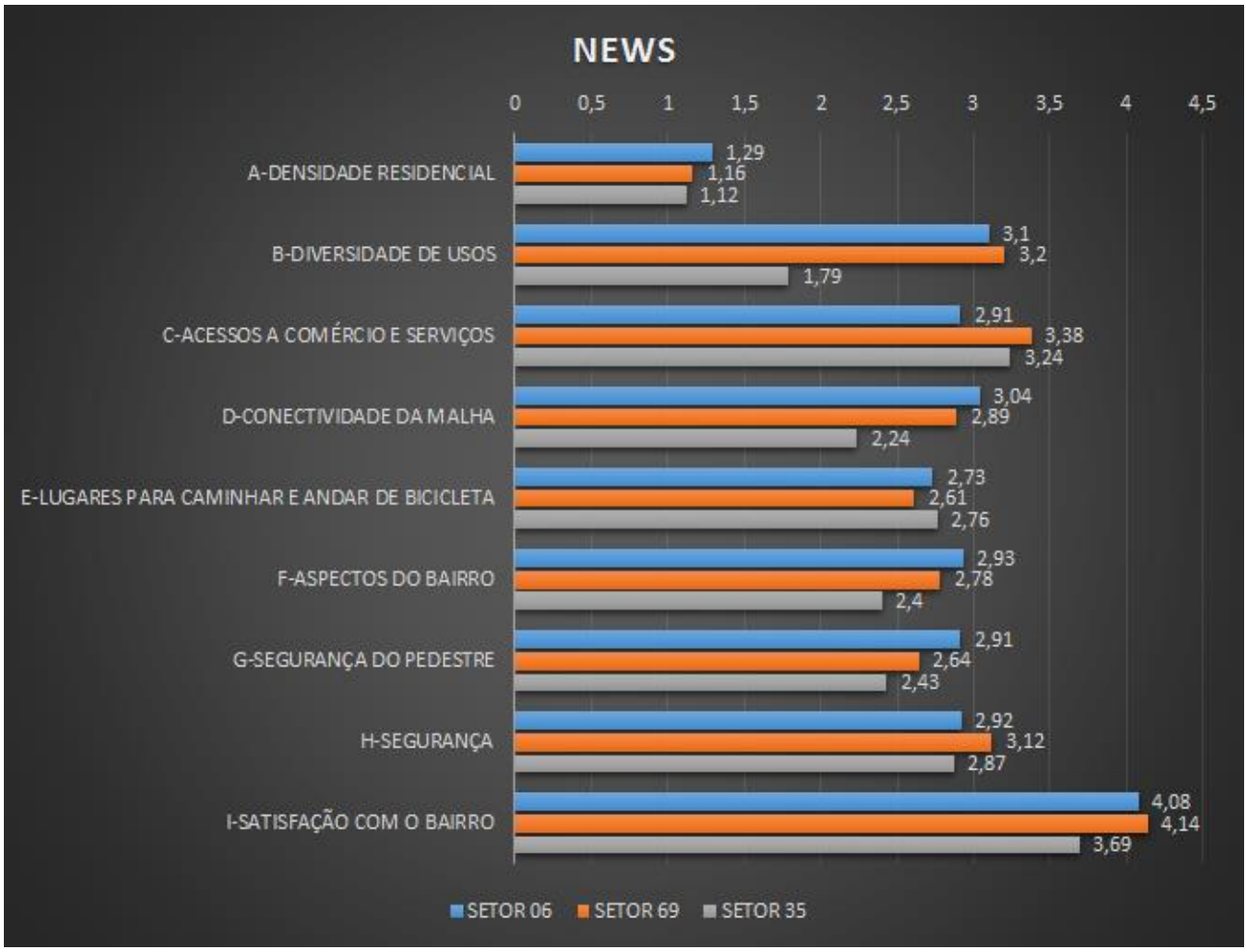
	SETOR 06 Próximo a área central; predominantemente residencial; lotes que variam de 250m2 a 500m2; relevo acidentado e, na parte mais baixa do bairro localiza-se o Parque Zezão. Este apresenta uma estrutura de lazer: pistas de caminhadas, anfiteatro, locais de contemplação. Possui área total de 64.468,92 m2, e começou a ser implantado no ano de 1992 com pistas de caminhada de 1.200 m de extensão (Bortolo, 2015).
	SETOR 69 Localizado em região periférica é um EHIS, conhecido como Jardim Santo Amaro. Possui lotes de 10x25m implantado em uma área de relevo suave. O acesso ao bairro é realizado pela Av. José Afonso dos Santos e pela R. Rio Iguaçu. Ambas se apresentam como vias arteriais caracterizadas por vários estabelecimentos de comércio e de serviços.
	SETOR 35 É composto apenas por 4 quadras de dimensões alongadas maiores de 200m, cujos lotes são similares aos do setor 69, apresentando relevo suave. A Av. Jácomo Rossini faz a conexão com a área central e apresenta alguns estabelecimentos de comércio e de serviços. O setor está circunscrito por duas rodovias, a PR 445 e a BR 369.

Fonte: *Prefeitura de Cambé; sistematizado pelos autores (2016).*

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da sistematização dos resultados formatou-se um gráfico comparativo para a discussão dos resultados (Gráfico 02).

Gráfico 02: Comparação das Pontuações - setor 06, 69 e 35



Fonte: *os autores, 2016.*

O primeiro item do NEWS refere-se à densidade residencial. As perguntas direcionavam para a percepção dos moradores classificando a tipologia das construções do bairro. Considerando a totalidade das sessões, neste item obteve-se os menores valores: 1,29 (Setor 06), 1,16 (Setor 69) e 1,12 (setor 35). Cambé é uma cidade predominantemente horizontal e todos os setores são compostos por casas térreas unifamiliares. A diferença entre os setores deu-se por novas habitações coletivas, em construção, no entorno imediato do setor 06.

O segundo item refere-se às questões de percepção em relação à diversidade de usos do solo no bairro por meio de uma listagem de 23 tipos de comércio ou serviços vicinais. Para cada estabelecimento vincula-se 6 gradações de tempo para acessá-los a pé (1-5 min; 6-10 min; 11-20 min; 21-30 min; 31+min e não sei) em uma análise de classificação reversa. Observa-se a maior diferença entre os setores apontados como caminháveis: 3,1 (setor 06) e 3,2 (setor 69) e o setor 35

com 1,79. O primeiro localiza-se próximo ao centro, o setor 69 desenvolveu uma centralidade nas avenidas de acesso. Os resultados apontam a existência da diversidade do uso do solo como destino para o fortalecimento do deslocamento a pé para suprir as atividades cotidianas.

O item C – acessos a comércio e serviços - utiliza uma escala Likert de resposta psicométrica definindo níveis de concordância (discordo fortemente; discordo em parte; concordo em parte e concordo fortemente). Foram feitas 7 perguntas definido o tempo máximo de deslocamento entre 10 e 15 minutos. As questões referem-se às possibilidades de realização da maioria das compras no bairro, a proximidade de estabelecimentos de comércio e de serviços, facilidade de estacionamento, locais a serem acessados a pé, relevo e existência de várias rotas. De certa forma complementa o item B, e observa-se uma reversão dos resultados. O setor 06 apresenta a menor pontuação de 2,91, apesar da sua localização mais próxima ao centro cuja a distância de deslocamento foi apontada como 30 min. a pé. Soma-se o fato dos moradores indicarem a declividade das ruas como fator negativo e limitador do deslocamento.

No quarto item, conectividade da malha - o entrevistado deveria indicar a existência de ruas sem saída, as conexões, a distância e tipos de cruzamentos e percursos alternativos. Os setores 06 e 69 apresentaram valores superiores, 3,04 e 2,89 respectivamente. Por outro lado, no setor 35 com 2,24 os moradores manifestaram a extensa dimensão da quadra.

O item E, referente à percepção em relação os lugares para caminhar e andar de bicicleta indicavam 5 perguntas com níveis de concordância sobre a existência de calçadas bem como as suas condições de conservação, a presença de ciclo faixas e o acesso às mesmas. O setor 35 apresentou a maior pontuação. Os moradores mencionaram uma pista de caminhada paralela à ferrovia como local principal. No setor 06 apesar da presença do Parque Zezão, próximo à área do bairro, foi observado uma não apropriação dos residentes como local de caminhadas e de andar de bicicleta. O setor 69 embora próximo a um fundo de vale, não possui infraestrutura de lazer.

A percepção dos moradores referente aos aspectos do bairro indagava acerca da arborização, sombreamento nas calçadas, vistas, atrativos construídos ou naturais, presença de lixo. O setor 06 teve um resultado mais elevado de 2,93 cujos moradores apontaram o Parque Zezão e novas construções residenciais como elementos que se destacam na paisagem. No setor 69, no entanto, com 2,78 os entrevistados lamentavam a falta de espaços públicos e o setor 35, com a menor pontuação de 2,4, de acordo com a percepção dos moradores não existem atrativos no bairro.

A sétima sessão – item G - solicita a percepção dos moradores no conflito veículos e pedestres a partir de temáticas sobre o volume do tráfego na rua onde mora e nas imediações, a velocidades dos veículos, a existência de faixas de pedestres, semáforos, passarelas de pedestre, a sensação de segurança como pedestre e, se era observado poluição gerada pelo volume de carros e ônibus. O setor 06 apresentou uma pontuação maior de 2,91. Os setores mais periféricos o 69 com 2,64 e o 35 com 2,43 as avenidas de acessos foram apontadas de fluxo intenso de veículos e a pouca sinalização foram indicadores de insegurança pelos moradores.

Em relação à percepção de segurança contra crimes – item H - o entrevistado respondia quesitos sobre iluminação das ruas, vigilância natural, interações entre moradores (senso de comunidade), índice de criminalidade e, se os residentes se sentem seguros para caminhar durante o dia e a noite.

Observa-se pontuações aproximadas: setor 69 (3,12), setor 06 (2,92) e setor 35 (2,87) indicando uma certa percepção de segurança. Ambos os setores são locais já sedimentados, onde os vizinhos se reconhecem elevando o senso de comunidade e a percepção de segurança dos moradores. No setor 06, a instalação de câmeras de segurança, em algumas ruas, foi indicada como estratégia para aumento da segurança no bairro.

A última sessão do NEWS refere-se aos níveis de satisfação com o bairro, apresentadas com 17 questões com 5 escalas (1. Insatisfação total ou completa insatisfação; 2. Alguma insatisfação; 3. Nem satisfeito nem insatisfeito; 4. Alguma insatisfação; 5. Satisfação total ou completa satisfação). De maneira geral, as perguntas abrangem diversas apreensões vinculadas a acesso a vias, rodovias, transporte público, diversão e comércio; tempo de deslocamento casa/trabalho/escola; quantidade de amigos no bairro; facilidade e satisfação em andar a pé e de bicicleta; quantidade de qualidade de restaurantes, escolas e mercados; segurança e por fim questionava sobre ser um bom lugar para viver e para criar filhos. Verificam-se índices elevados de satisfação dos moradores apresentando resultados acima do 4 no setor 06 (4,08) e no setor 69 (4,14). Embora o setor 35 apresentou a somatória de 3,69 foi o maior item pontuado entre todos do questionário.

Os resultados do questionário NEWS, primeiramente certificam os setores apontados por Loch (2013) de moradores que caminham para atividade de lazer ou de trabalho, no entanto a pesquisa não inseria aspectos do ambiente construído. Uma observação comparativa dos três setores permite argumentar questões de percepção das pessoas para o aumento da caminhabilidade. O setor 6, localizado mais próximo ao centro, obteve pontuação mais elevada nos itens referentes aos aspectos do bairro (arborização, sombreamento, vistas e outros) e segurança do pedestre, referindo-se a uma maior infraestrutura existente no bairro. Por outro lado, os setores periféricos, caracterizados como áreas de empreendimento de habitação de interesse social apresentam realidades diferenciadas. O setor 69 apresentou índices maiores na diversidade de usos, acesso ao comércio e serviço e satisfação com o bairro. O setor está localizado a 5 km do centro, porém a rodovia BR 367 cria uma barreira física contribuindo para a consolidação de uma área de comércio e de serviços ao longo da Av. José Afonso dos Santos e da Rua Rio Iguaçu as quais atendem a região do entorno. Os estabelecimentos foram apontados como destino de deslocamento a pé. O setor 35, apenas a 3km do centro, é isolado pela rodovia e o leito da estrada de ferro, e apresentou os menores índices em todas as questões do NEWS, exceto na existência de local para caminhar e andar de bicicleta na indicação de uma pista de caminhada construída recentemente.

Na comparação dos resultados, em síntese pode-se afirmar 3 itens importantes para o aumento do deslocamento a pé: a satisfação com o bairro, a diversidade do uso do solo e a conectividade das vias. Considerando a satisfação do bairro, de caráter mais subjetivo, os entrevistados relataram residir há tempos no local e verbalizam a existência de uma rede de vizinhança. Assim a temporalidade pode ser um fator para o fortalecimento das interações sociais. Neste sentido, Leydan (2003) discorre que o capital social tem sido premissa de projeto de bairros para permitir ou encorajar laços sociais ou conexões da comunidade.

A diversidade do uso do solo e a permeabilidade da malha estão vinculadas ao chamado "*pedestrian shed*", distância caminhável. Moudon (2003) considera que em 1 minuto uma pessoa pode se deslocar em média 80 metros, portanto, em 10 minutos o pedestre alcança 800 metros. De forma similar, Campoli (2012) aponta como sendo a distância caminhável máxima e, o estabelecimento de um raio de 400 metros, a partir de um ponto central, pode definir áreas de crescimento na localização de mais destinos e propósitos, formando um potencial para substituição das viagens de carro por pequenas viagens caminhando.

5. CONCLUSÃO

As pesquisas existentes sobre a relação do ambiente construído como suporte à *caminhabilidade*, na sua maioria, são consideradas avaliações do espaço físico. O instrumento NEWS foi formatado para inserir a percepção dos moradores nessa discussão. Deve-se ressaltar, enquanto limitação da

pesquisa, a definição metodológica de coleta de dados considerando setores censitários e não áreas com certa homogeneidade espacial ou consideradas como bairros pelos moradores.
Porém, a análise comparativa demonstra as particularidades de cada setor e, considerando o perfil econômico revela as diferenças, principalmente na infraestrutura existente entre os locais próximos ao centro e periféricos.
Os resultados indicam fatores de configuração urbana apreendidos pelos moradores. Foi verificado que, setores distintos, podem ter seus valores finais aproximados em diversas sessões do questionário bem como indicam estratégias projetuais para o aumento de propósitos para o deslocamento a pé.
Se considerarmos as duas categorias de intervenção para a promoção do caminhar definidos por Cain, K.L. et al. (2014): a macro escala e a microescala, a percepção dos moradores refere-se a esta última. A autora afirma que embora a microescala tem recebido menor atenção, as intervenções são menos onerosas e podem ser modificadas de forma mais rápida.
Tal questão, se inserida nas discussões de planejamento das cidades, significaria uma contribuição para aumentar a caminhabilidade e direcionaria a mobilidade ativa como uma das alternativas para um ambiente mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORTOLO, C. A, DE. A Dinâmica dos Espaços Públicos de Lazer em Cidades da Aglomeração Urbana de Londrina – PR. Tese de doutorado, Geografia, UEM, 2015.

CAIN, K.L. et al. Contribution of Streetscape audits to Explanation of Physical Activity in Four Age Groups based on Microscale Audit of Pedestrian Streetscapes. Social Science and Medicine. V.116, p. 82-92, 2014.

CAMPOLI, J. Made for Walking: Density and Neighborhood Form. Massachusetts: Lincoln Institute of Land Polycy, 2012.

CERIN, Ester; LESLIE, Eva; BAUMAN, Adrian. An Australian Version of the Neighborhood Environment Walkability Scale: Validity Evidence. Measurement in Physical Education and Exercise Science, 12: 31–51, 2008.

CERIN, Ester; SAELENS, Brian; SALLIS, James F.; FRANK, Lawrence D. Neighborhood Environment Walkability Scale: Validity and Development of a Short Form. Medicine & Science in Sports & Exercise. P. 1682-1691, 2006.

ELLIS, G. et al. Connectivity and physical activity: using footpath networks to measure the walkability of built environments. Environment and Planning B: Planning and Design, v. 87: 782-794, 2015.

GEHL, Jan. Cities for People. Washington: Island Press, 2010.

GOMES, Grace AO; REIS, Rodrigo S; PARRA, Diana C; RIBEIRO, Isabela; HINO, Adriano AF; HALLAL, Pedro C; MALTA, Deborah C and BROWNSON, Ross C. Walking for leisure among adults from three Brazilian cities and its association with perceived environment attributes and personal factors. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity 2011, 8:111 http://www.ijbnpa.org/content/8/1/111

HANDY, S. L. et al. How the built environment affects physical activity: Views from urban planning. American Journal of Preventive Medicine v. 23: 64–73, 2002.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. A bicicleta e as cidades: como inserir a bicicleta na política de mobilidade urbana, IEMA, 2010.

KACZYNSKI, Andrew T. Neighborhood Walkability Perceptions: Associations With Amount of Neighborhood-Based Physical Activity by Intensity and Purpose. Journal of Physical Activity and Health, 2010, 7, 3-10

LEYDEN (2003). Social Capital and the Built Environment: The Importance of Walkable Neighborhoods. American Journal of Public Health, 1546 -1551, 2003.

LOCH, Mathias. Associação entre capital social e comportamentos relacionados à saúde: estudo de base populacional. Tese de doutorado. Londrina: UEL, 2013.

MALAVASI, L.; Escala de mobilidade ativa em ambiente comunitário (News - versão brasileira): validade e fidedignidade, Dissertação de mestrado, Educação Física, UFSC, 2006.

MARICATO, E.; O impasse da política urbana no Brasil, 2014.

MOUDON, 2003 MOUDON, A.V. and LEE, C. Walking and Bicycling; an evaluation of environmental audit instruments. American Journal of Health Promotion, September/October, 2003, Vol.18, n.1.

NYUNT, MZin Shwe Zin; SHUVO Faysal Kabir; ENG, Jia Yen; YAP, Keng Bee; SCHERER, Samuel; HEE, Li Min; CHAN, Siew Pang; PINNG, Tze. Objective and subjective measures of neighborhood environment (NE): relationships with transportation physical activity among older persons. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity (2015) 12:108.

SAELENS, Brian; SALLIS, James F.; BLACK, Jennifer B; CHEN, Diana. Neighborhood-Based Differences in Physical Activity: An Environment Scale Evaluation. American Journal of Public Health, Vol 93, No 9, p. 1552-1558, 2003.

332. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: A INTEGRAÇÃO ENTRE A BICICLETA E O BRT TRANSCARIOCA

SILVEIRA, Letícia Quintanilha da[*1](leticiaqs@ufrj.br); ANDRADE, Victor[1] (victorandrade@fau.ufrj.br); MARINO, Filipe Ungaro[1](filipemarino@gmail.com)*
[1]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Este trabalho tem como objetivo estudar a integração entre um modal de transporte público coletivo – o BRT Transcarioca – e a bicicleta, compreendendo as potencialidades para a construção da mobilidade sustentável no Rio de Janeiro. Buscando entender como ocorre hoje a interface entre os dois modais, o estudo investiga de que maneiras o desenho e o planejamento urbanos podem contribuir para promover tal integração. A investigação proposta se baseia na revisão de literatura específica (KRENN et al, 2015; PUCHER et al, 2010), com foco em índices de ciclabilidade, de forma a compreender que elementos do ambiente construído apresentam maior impacto na promoção do uso da bicicleta como meio de transporte. Considera-se também os dados levantados sobre o Perfil do Ciclista Brasileiro (2015), aportando demandas relacionadas ao contexto local. Aplicando as dimensões de análise a três estações do sistema Transcarioca, a pesquisa demonstra alguns dos obstáculos para a construção de um ambiente ciclável no entorno do BRT, tais como a ausência de infraestrutura adequada ou elementos que tornam a paisagem pouco atrativa para estes usuários. Com isso, o trabalho aborda a associação entre bicicleta e BRT como questão chave para a mobilidade carioca.
Palavras-chave: Intermodalidade, Ciclabilidade, Transporte.

SUSTAINABLE URBAN MOBILITY: THE INTEGRATION BETWEEN BICYCLES AND THE BRT TRANSCARIOCA

ABSTRACT
This work studies the integration between a public transport mode - BRT Transcarioca - and bikes, in order to understand the potentialities for building sustainable mobility in Rio de Janeiro. In search to comprehend how is the interface between the two modes today, the study investigates the ways in which urban design and urban planning can help to promote such integration. This research is based on literature review (Krenn et al, 2015; Pucher et al, 2010), focusing on cyclability indexes, as a way to understand which elements from the built environment represent more impact in order to promote cycling as a means of transport. It is also considered the data collected on the Brazilian Cyclist Profile (2015), showing the demands related to the local context. Applying the analysis dimensions to three stations of the Transcarioca system, the research demonstrates some of the obstacles to the construction of a cycling environment in BRT surroundings, such as the lack of adequate infrastructure or elements that make the landscape unattractive to these users. Thus, the research shows the association between bicycle and BRT as a key issue for sustainable mobility in Rio de Janeiro.
Keywords: Intermodal; Ciclability; Transit

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado das cidades, a preocupação com o meio ambiente e a qualidade da vida urbana ganha cada vez mais força. Um dos elementos determinantes para essa discussão diz respeito às formas de deslocamentos na cidade, trazendo a questão da mobilidade para a pauta das discussões de urbanistas e planejadores.

Associado a isso, a agenda da sustentabilidade, emergente nas últimas décadas, demanda por mudanças urgentes no paradigma desses deslocamentos. Estes, passam a ser pensados não somente por uma perspectiva de eficiência pela velocidade, mas também sob o olhar da igualdade social e da eficiência econômica, além da busca por alternativas menos poluentes e que permitam a preservação dos recursos naturais.

Como forma de avançar na construção da mobilidade sustentável, novas tecnologias e modais de transporte ativo vêm sendo alvo de diversos estudos. O predomínio dos modais motorizados, sobretudo o automóvel particular, especialmente valorizado no contexto brasileiro, levou a altos níveis de poluição e engarrafamentos, tornando necessário repensar a opção de priorização deste tipo de veículo, adotada até então.

Entretanto, além dos modais em si, um importante componente para tal transformação diz respeito à forma urbana, a qual é capaz de favorecer determinados modos de deslocamento. No desenho urbano atual, o espaço viário destinado ao automóvel, domina grande parte do espaço público, ainda que apenas 30% da população, em média, utilize essa forma de transporte na maioria das cidades brasileiras (ITDP, 2016). Por outro lado, o espaço urbano também se constrói a partir das dinâmicas que nele ocorrem, fazendo com que as mudanças nas demandas de deslocamento tornem necessárias também transformações na forma da cidade e na constituição do espaço público.

Com isso, a sustentabilidade nos transportes envolve os tipos de deslocamentos realizados assim como a forma urbana e suas infraestruturas. Entre os modais, a valorização do transporte público coletivo vem sendo apontada como uma das principais formas de democratização da mobilidade e com maior potencial para a redução do uso do automóvel particular, tendo por consequência uma melhora na relação com o meio ambiente (VASCONCELLOS, 2007).

Além dos transportes coletivos, a bicicleta tem sido abordada em diversos estudos como um modal de transporte capaz não só de contribuir para a mobilidade sustentável, mas também um meio mais saudável de transitar na cidade (AQUINO; ANDRADE, 2008). Embora muitos sejam os benefícios apontados no uso da bicicleta, no Brasil ainda são pequenos os esforços no intuito de estabelecer um ambiente urbano voltado também para este modal.

Apesar de todas as vantagens, o uso da bicicleta se mostra mais eficiente para viagens de curta distância (FERREIRA, 2007). No contexto do Rio de Janeiro, semelhantemente a diversas cidades brasileiras, o crescimento urbano se deu de maneira espraiada, de forma que boa parte da população necessita realizar grandes trajetos para as suas atividades diárias, sobretudo nos deslocamentos casa-trabalho (PERFIL DO CICLISTA, 2015).

Considerando, então, esses dois importantes modos – transportes coletivos e bicicleta – como estratégicos para um sistema de transportes sustentável e, avaliando suas limitações principalmente no contexto carioca, a integração entre eles pode se tornar uma ferramenta de grande potência para a mobilidade, se exploradas suas principais vantagens. Com uma rede integrada, o transporte coletivo ganha maior abrangência, atraindo usuários de áreas mais distantes, enquanto a bicicleta, pode ser utilizada como parte de um trajeto maior (CERVERO; CALDWELL; CUELLAR, 2013).

Na cidade do Rio de Janeiro, em função dos grandes eventos sediados, tais como a Copa do Mundo e as Olimpíadas, foram realizados altos investimentos para a ampliação da rede de transportes, visando facilitar o acesso aos locais dos jogos. Nos transportes coletivos, uma das mais significativas transformações se deu na implantação do sistema de BRT (Bus Rapid Transit - Transporte Rápido por Ônibus), em quatro linhas troncais: TransOeste, Transcarioca, Transolímpica e Transbrasil. O sistema de faixas segregadas para ônibus, gerou profundas mudanças na configuração urbana das áreas onde foi implantado, incluindo o redesenho de vias estruturantes em alguns bairros, destacadamente no eixo Transcarioca (IZAGA, 2014).
Assim, a partir da noção de mobilidade sustentável como prática desejada para a cidade do Rio de Janeiro, o presente estudo busca abordar a integração esses dois modais – BRT e bicicletas. Considerando a linha Transcarioca e sua inserção urbana, são avaliadas maneiras de potencializar sua complementaridade com a bicicleta, sob o olhar das infraestruturas e do projeto urbano, levando em conta as demandas mais comuns entre os ciclistas. Com isso, espera-se apontar mecanismos para a formação de um ambiente mais amigável ao ciclista no entorno das estações de BRT, de forma a incentivar a integração entre os dois modos.

2. MOBILIDADE SUSTENTÁVEL NO PLANEJAMENTO CARIOCA

A busca por constituir um sistema integrado de transportes parte da contribuição que o mesmo pode dar para a sustentabilidade na mobilidade urbana. A sustentabilidade, como conceito polissêmico, é trabalhada por diversos autores, com desdobramentos em diversas áreas do conhecimento. Com o crescimento da preocupação ambiental na década de 1980, a questão tem se voltado cada vez mais para os deslocamentos urbanos, uma vez que o transporte motorizado constitui um dos principais emissores de gases do efeito estufa, além de serem grandes consumidores de combustíveis fósseis. Soma-se a essa discussão, a dimensão social, que envolve também o acesso equitativo aos meios de deslocamento. Ainda, a mobilidade precisa ser pensada sob seu aspecto econômico, de forma que os transportes utilizados também contribuam positivamente para um desenvolvimento equilibrado.
Partindo deste pressuposto, a mudança desejada envolve investir em formas de tornar a rede de transportes mais eficiente, passando principalmente pelos modos coletivos, sobretudo na realidade brasileira, pois constituem uma das formas mais utilizadas para os deslocamentos diários, tornando-se um importante meio para a equidade. Fica também evidenciada a importância dos transportes ativos, como meios menos poluentes e uma importante contribuição para o bem-estar no ambiente urbano.
No Brasil, o planejamento dos transportes vem apontando para essa mudança de paradigma, porém com muitas limitações a serem enfrentadas ainda em termos práticos. Com a instituição da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) na esfera federal, o favorecimento dos transportes não motorizados, bem como dos transportes coletivos e a integração entre eles, foi apontada como um dos princípios para o planejamento da mobilidade nas cidades. A PMNU obriga também aos municípios com mais de 20.000 habitantes a elaboração de Plano de Mobilidade Urbana, o qual deveria garantir a aplicação de tais princípios no planejamento local dos transportes (PNMU,2012).
No Rio de Janeiro, o Plano de Mobilidade Urbana Sustentável(PMUS) vem sendo elaborado de forma a atender as exigências e demandas então apontadas pela Política Nacional. No diagnóstico realizado pelo plano, a integração modal entre a bicicleta e o transporte coletivo é também ressaltada como uma ação estratégica para a mobilidade carioca. No entanto, o PMUS identifica também que muitas das ações nesse sentido ainda estão em fase de implantação ou mesmo se constituem como pontos a serem solucionados (PMUS,2015).

Como principais diretrizes para favorecer a integração entre o transporte coletivo (média e alta capacidade) e a bicicleta, o Plano se refere à implantação de bicicletários nas estações dos coletivos, assim como a ampliação da rede cicloviária e sua conectividade com outros modais (PMNUS,2015), hoje ainda pouco expressiva. Tais ações dizem respeito não somente ao planejamento dos transportes, mas envolve também medidas associadas ao desenho urbano, exigindo rearranjos dos espaços existentes. Com isso, para que a mudança de paradigma desejada ocorra de maneira efetiva, a forma urbana precisa também ser transformada para então abarcar essas novas dinâmicas.

Todavia, o planejamento da mobilidade sustentável carioca por meio da integração modal encontra grande obstáculo para sua efetivação devido aos atores envolvidos. Alguns dos transportes coletivos (especialmente o sistema rodoviário), bem como o plano de mobilidade, encontram-se sob responsabilidade da Secretaria de Transportes, enquanto os modais ativos têm se tornado uma preocupação crescente da Secretaria de Meio Ambiente, atual responsável pelo planejamento cicloviário. Soma-se a este quadro, o pouco envolvimento da Secretaria de Urbanismo, ainda que a questão seja de grande relevância para o planejamento da cidade. Com visões distintas e pouco diálogo entre si, as práticas no campo da mobilidade tornam-se ainda muito pontuais, dificultando sobretudo as possibilidades de integração.

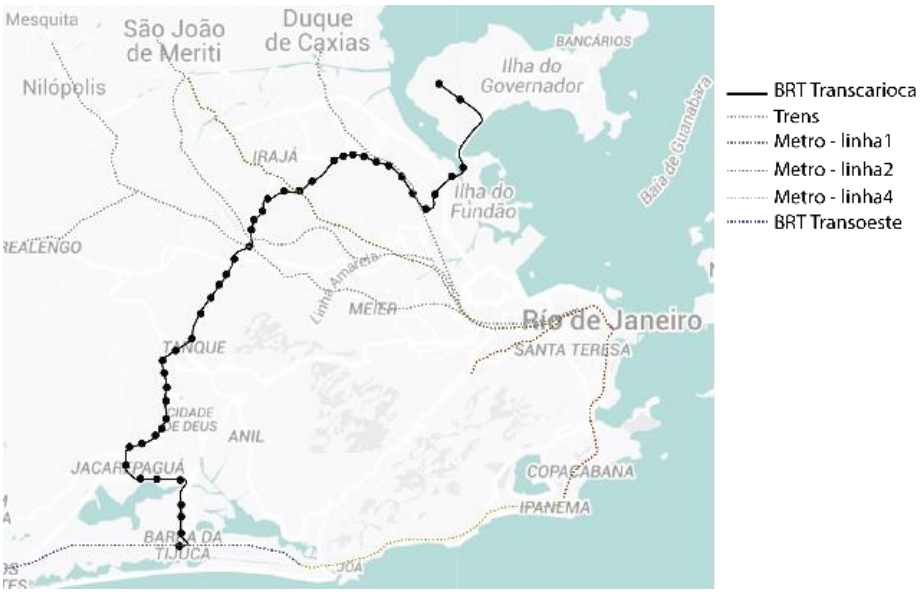
3. BRT TRANSCARIOCA, UM COMPONENTE DA INTEGRAÇÃO

O sistema de BRT foi implantado no Brasil pela primeira vez na cidade de Curitiba, constituindo uma referência que, posteriormente, foi adotada de forma semelhante por outras cidades ao redor do mundo (VASCONCELLOS et al., 2010). Como diferencial, o sistema de ônibus conta com via exclusiva e segregada, além do pagamento realizado na estação, que confere maior agilidade ao embarque.

Embora o BRT apresente capacidade de passageiros inferior aos modais sobre trilhos, sua implantação se dá de forma mais rápida e mais barata, uma vez que aproveita a rede viária existente para sua inserção (ALEXANDRE; BALASSIANO, 2012). Com isso, dado o contexto dos grandes eventos no Rio de Janeiro, o sistema se mostrou como solução mais imediata para determinados eixos.

O corredor Transcarioca em especial, representou um grande impacto na mobilidade da cidade, promovendo a ligação entre a Barra da Tijuca e o Aeroporto do Galeão. Assim, aumentou a capacidade de deslocamentos num eixo transversal da cidade, antes atendido apenas por linhas de ônibus convencionais e outros modais de baixa capacidade, como vans e combies.

Imagem 1. Trajeto BRT Transcarioca.



Novo eixo transversal de transporte. Elaborado pelo autor

Outra particularidade atribuída ao sistema Transcarioca diz respeito ao contexto urbano atravessado pelo BRT. Passando por regiões de configuração bastante variada, o corredor atende áreas de alta densidade populacional, e de urbanização bastante consolidada. Além disso, o eixo fortalece a ligação entre a Zona Norte e a Barra da Tijuca, que vem se constituindo como importante centralidade no contexto carioca. Dada a relevância expressada pela constituição deste eixo, o BRT Transcarioca está inserido dentro das políticas de valorização do transporte coletivo, previstas no PMUS do Rio de Janeiro.

Embora o sistema BRT tenha representado alguns avanços em termos de mobilidade, sua implantação apresenta ainda alguns impasses no que toca a integração com os demais modais. Com relação à bicicleta, sua inserção apresentou poucos esforços para propiciar tal associação, uma preocupação que se mostrou pouco relevante no projeto implantado. As diferentes características do entorno desta linha, acabam também por demandar ações distintas em cada situação, com intervenções em maior ou menor escala na forma urbana, a fim de favorecer também o uso da bicicleta.

Conforme apontado por Vasconcellos (2007), a integração promove também a acessibilidade aos transportes coletivos, sendo essa uma questão não só de eficiência, mas também de equidade.

As áreas atendidas pelo sistema Transcarioca, apresentam também diferentes perfis socioeconômicos, que por sua vez foram impactados de forma diferenciada pela implantação do modal. Segundo Oliveira; Moura; Rocha(2015), o corredor em questão já atende, majoritariamente, pessoas de níveis de renda mais baixos (até 2 salários mínimos), grupo que apresenta também, maior dependência do transporte público, sendo aqueles que realizam os deslocamentos mais longos diariamente.

A bicicleta por sua vez, se mostra como um modal de baixo custo, tendo maior impacto também na população mais pobre, que constitui seu principal público usuário no Rio de Janeiro (PERFIL DO CICLISTA,2015). Dessa forma, a associação entre o BRT e a bicicleta tem o potencial de ampliar o

acesso ao sistema de transportes públicos coletivos, promovendo também a equidade nos deslocamentos.
A integração modal é então entendida pela utilização de dois ou mais modos diferentes para a realização de uma mesma viagem, devendo ser considerados os diversos elementos capazes de contribuir para tal. No caso da integração entre a bicicleta e o BRT, a interface dessa associação pode se estabelecer de duas formas, seja pelo transporte da bicicleta dentro do modal coletivo ou pelo seu uso somente a partir das estações, demandando a presença de espaço para armazenamento, como bicicletários (AQUINO, 2007).
Dado o enfoque nos elementos do ambiente construído relacionados ao desenho e planejamento urbano, será abordada a integração por meio do armazenamento no entorno próximo das estações, mais aprofundada no capítulo a seguir.
Cabe ressaltar que, a interface entre os modais constitui apenas um dos importantes componentes para tal integração. Outros elementos, principalmente relacionados à composição da forma urbana, compõem também maneiras de favorecer o uso dos dois modais em associação. A bicicleta, como veículo mais frágil, acaba por demandar algumas transformações que tornem o ambiente mais favorável ao seu uso.

4. CICLABILIDADE NO ENTORNO DAS ESTAÇÕES

Como forma de orientar as ações para propiciar o uso da bicicleta no meio urbano, é necessário compreender que elementos fazem parte das demandas dos ciclistas, para que então o projeto e o planejamento urbano possam intervir a esse favor. A fim de nomear esse aspecto em análise, usaremos o termo ciclabilidade, um neologismo para designar o quão convidativo para o uso da bicicleta é determinado espaço. Alguns outros estudos apontam o termo “bikeability”, referindo-se a essa mesma noção (KRENN; OJA; TITZE, 2015).
Para identificar os elementos que tornam um ambiente ciclável, assim como os níveis de relevância de cada componente, é realizada revisão bibliográfica, tendo como referência a abordagem por meio de índices de ciclabilidade, aplicados em diferentes contextos urbanos. Um índice é uma ferramenta capaz de sintetizar um conjunto de características de uma determinada área. A construção desta síntese parte do estabelecimento de um conjunto de indicadores que, através de métricas indicativas desses elementos, determinam uma pontuação para cada aspecto analisado.
Observando os pontos comuns dos indicadores apresentados nas referências estudadas e, confrontando-os com algumas das especificidades locais, é possível traçar importantes diretrizes para o fortalecimento do uso da bicicleta como transporte urbano no contexto carioca.
Tratando-se das especificidades do contexto brasileiro, é tomado como base o Perfil do Ciclista Brasileiro(2015). A pesquisa feita em diferentes capitais, primeira sobre o assunto realizada no Brasil, visa identificar as principais características e demandas dos usuários da bicicleta, sobretudo como meio de transporte urbano.

4.1 Principais dimensões da ciclabilidade

Dentre os índices analisados, os elementos relacionados à segurança dos ciclistas resultam como principal questão para pedalar. Essa demanda, principalmente associada ao trânsito e aos riscos de colisão com outros veículos, impacta diretamente no desenho das vias, hoje prioritariamente destinadas ao automóvel.
Com isso, a presença de vias destinadas à bicicleta se mostra como ponto fundamental, sendo apontada como métrica de maior peso em diferentes contextos e índices (PUCHER; DILL; HANDY, 2010). Quanto maior a segregação dessas vias com relação ao veículo motorizado, maior a

sensação de segurança do ciclista (KRENN; OJA; TITZE, 2015), o que indica também uma maior eficiência das ciclovias em relação às ciclofaixas e vias compartilhadas. Além disso, a alta velocidade dos demais veículos nos espaços compartilhados gera grandes danos em casos de colisão, com impacto maior sobre o ciclista (FERREIRA, 2007). Com isso, o planejamento de zonas de velocidade 30km/h, também cumpre o propósito de conferir maior segurança aos usuários da bicicleta. Vias com transito de alta velocidade, principalmente quando superiores a 60km/h, ampliam as chances de acidentes fatais onde o ciclista é a principal vítima. Além disso, o tipo de pavimentação e a ausência de obstáculos, tais como buracos, lombadas, etc. são elementos que contribuem para o conforto dos ciclistas, sendo necessária sua adequação para garantir a efetividade desses espaços de trânsito. Um ambiente ameno contribui com uma parcela importante para incentivar o uso da bicicleta, garantindo o bem-estar destes usuários (ITDP BRASIL, 2013). Ainda com relação à segurança do trânsito, a qualidade e a sinalização dos cruzamentos são também indicadores de grande relevância. Quando bem sinalizados, os veículos motorizados ficam mais atentos à bicicleta, e vice versa, minimizando os riscos de acidentes nos pontos de encontro entre os diferentes modais (PUCHER; DILL; HANDY, 2010).

Pucher; Dill; Handy(2010) também demonstram que a presença de bicicletários e paraciclos é um fator determinante para quem pedala, sendo apontado em diversos índices de ciclabilidade. Quando relacionada ao modais coletivos, a armazenagem em áreas próximas das estações representa um importante incentivo à integração, além da própria possibilidade de transporte nos veículos coletivos, conforme já mencionado. Pode-se associar também, a implantação e utilização de sistemas de bicicletas compartilhadas no entorno das estações, tornando ainda mais potente a integração entre estes modais, permitindo o uso da bicicleta nos dois extremos do trajeto sem implicar na redução do espaço de passageiros dentro do modal coletivo (CERVERO; CALDWELL; CUELLAR, 2013).

O potencial para o uso da bicicleta em determinada área está também relacionado à variedade de caminhos e rotas possíveis para chegar a determinado destino (WINTERS et al.,2013). Considerando o entorno próximo às estações de um modal de transporte público, a conectividade contribui também para a capilaridade do sistema, tornando-o atrativo para mais usuários. Quando a forma das cidades está associada a um desenho de quadras de grandes dimensões, as opções de percurso tornam-se mais escassas, restringindo também a abrangência dessas rotas para ciclistas. Além da capilaridade, o planejamento das rotas precisa considerar também a topografia local. Assim, a malha cicloviária torna-se capaz de atender aos diferentes pontos da cidade, evitando a necessidade de percursos em aclive acentuado, que acabam por desmotivar o pedalar.

Além das infraestruturas diretamente relacionadas à bicicleta, outros elementos do ambiente construído podem contribuir para a questão da segurança pública de quem pedala, assim como o bem-estar nos trajetos, constituindo incentivos ao uso deste modal. Áreas mais dinâmicas e ruas com grande fluxo de pessoas tendem a ser mais convidativas a estes usuários. Alguns autores se referem à estética do local ou à presença de áreas atrativas, apontando para essa noção da paisagem (KRENN; OJA; TITZE, 2015).

Na formação de ambientes mais atrativos, as fachadas no nível da rua, onde transitam ciclistas e pedestres, tornam-se elementos determinantes. Atividades no nível térreo das edificações, e os níveis de “transparência” e continuidade dessa fachada são algumas métricas utilizadas. Muros “cegos” e fachadas descontínuas tendem a gerar ambientes mais inseguros para pedestres e ciclistas, pois se tornam espaços pouco vigiados e pouco atrativos (ITDP BRASIL, 2013).

Como forma de agregar também maior dinâmica aos bairros, a mistura de usos torna-se um outro componente importante para essa vitalidade. A diversidade de usos aumenta as possibilidades de destino e faz com que haja atividade nas ruas nos diversos horários do dia, formando um ambiente

de maior ciclabilidade. Por meio dos instrumentos de planejamento, é possível delinear tais diretrizes para as novas edificações, favorecendo a utilização do nível térreo e promovendo a diversidade de usos nos bairros, alimentando as dinâmicas da rua na escala humana (ITDP BRASIL, 2013).

Imagem 2. Dimensões de análise ciclabilidade



Esquema elaborado pelo autor

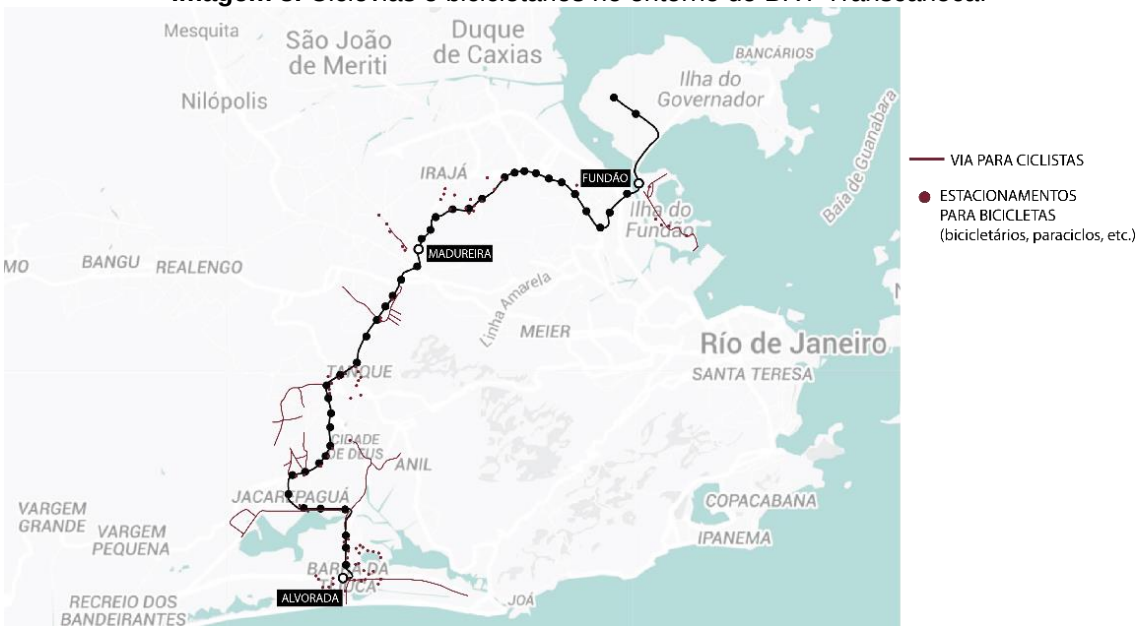
4.2 Ciclabilidade e a Transcarioca

A partir dos elementos presentes nos índices de ciclabibilidade, nota-se que a infraestrutura voltada para a bicicleta constitui o principal elemento atrativo para ciclistas. Sobretudo, a presença de vias segregadas e bicicletários, demonstra ser a principal demanda apontada por estes usuários.

Considerando a aplicação dos índices analisados em realidades diferentes do contexto do Rio de Janeiro, é possível confrontar estes dados com as necessidades locais, apontadas pelo Perfil do Ciclista Brasileiro (2015). A pesquisa mostra que, como principal incentivo a pedalar mais, é necessária a ampliação da infraestrutura cicloviária, hoje ainda bastante restrita na cidade. Assim, percebe-se uma carência nos elementos de maior importância para o pedalar.

No entorno das estações do sistema BRT Transcarioca, embora incorporadas ao Plano de Mobilidade Urbana, estas áreas se apresentam ainda pouco cicláveis. Poucas são as vias exclusivas para bicicletas no entorno das estações, apresentando muitas vezes baixa capilaridade e estando restritas somente a alguns trechos do trajeto. Agrava-se ainda a presença vias destinadas ao automóvel com alta velocidade, no entorno imediato de parte da Transcarioca, reforçando a sensação de risco dos ciclistas.

Imagem 3. Ciclovias e bicicletários no entorno do BRT Transcarioca.



Elaborado pelo autor, com base nos dados da Transpote Ativo< http://ciclorio.ta.org.br/>.

Para uma melhor compreensão da ciclabilidade no entorno da Transcarioca e, considerando as diferentes realidades urbanas que o sistema atravessa, consideraremos três importantes estações do sistema para esta análise. Vistas sob a ótica das dimensões apontadas pelo índice e, considerando um entorno próximo e facilmente ciclável, pode-se então perceber a atratividade do ambiente construído no entorno do BRT em questão para o uso da bicicleta, visando com isso o favorecimento da integração modal.

4.2.1. Ciclabilidade na Estação Alvorada

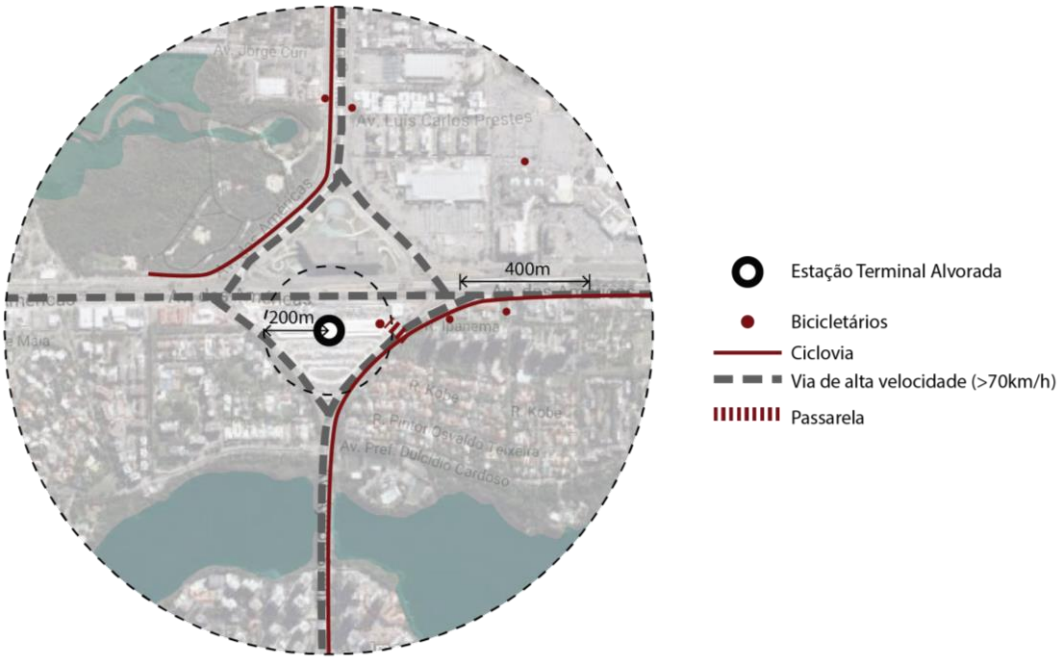
A estação Alvorada constitui uma das principais estações do sistema Transcarioca. Trata-se de uma estação terminal, de integração com linhas de ônibus para diferentes áreas da cidade, situada na Barra da Tijuca, área que vem emergindo como nova centralidade no Rio de Janeiro.

A estação Alvorada encontra-se em meio a diversas vias de alta velocidade para a circulação de automóveis– com limite indicado de 70 a 80km/h - que constituem um nó rodoviário no local. Com isso, para garantir a segurança dos ciclistas, a presença de vias exclusivas e segregadas se torna fundamental neste contexto. Considerando o entorno próximo da estação, tolerável de ser percorrido até que o ciclista alcance uma rota segura, compreendido em um raio de 200m (ITDP,2013), percebe-se uma carência de ciclovias para possibilitar a integração modal. Destaca-se também, o caso da Av. Ayrton Senna, onde a ciclovia existente foi removida para a redução dos canteiros centrais quando da implantação do BRT Transcarioca, tendo sido apenas parcialmente remanejada, embora sem conectividade direta com o terminal do BRT. Somente na Av. das Américas, porém apenas em parte dela, pode-se notar a presença de vias destinadas à bicicleta. Cabe ressaltar que o acesso a partir da estação a esta ciclovia precisa ser realizado por meio de passarela elevada, para o cruzamento da via de trânsito rápido de automóveis, o que torna também menos convidativo ao ciclista, uma vez que o caminho se torna mais longo.

O predomínio das vias de alta velocidade faz com que a sinalização de cruzamentos considerando a bicicleta seja praticamente inexistente, tornando o ambiente bastante hostil para aqueles que

desejam chegar à estação de BRT por meio deste modal. Esta configuração das vias restringe também as possibilidades de rotas para os usuários da bicicleta, conformando um entorno de quadras de grandes dimensões e, por consequência, baixa capilaridade para o ciclista. Segundo Winters et al. (2013), a presença de interseções em trechos máximos 400m é fundamental para a diversidade de rotas e consequente atratividade dos usuários da bicicleta. No contexto em análise, algumas das quadras chegam a ter dimensões maiores que 1000m, resultado do modelo urbanístico adotado, pautado no automóvel. Em outras quadras adjacentes à estação, embora seja observado um maior número de interseções, algumas delas correspondem a vias de acesso à condomínios, tendo acesso controlado. Assim, não chegam a alcançar a conectividade desejada para um ambiente atrativo ao ciclista.

Imagem 4. Entorno de 1km da estação Terminal Alvorada**.**



Mapa elaborado pelo autor

Quanto às possibilidades de armazenagem da bicicleta, a estação Alvorada conta com a presença de bicicletário com 24 vagas, junto à estação, em local descoberto, sem controle de acesso e pouco conectado com as rotas cicláveis próximas. Além disso, a estação atende uma média de 10mil passageiros/dia para o serviço de BRT Transcarioca (ITDP, 2015), de forma que, a oferta de vagas pode atender apenas a uma demanda pela integração com a bicicleta inferior a 0,5% dos passageiros diários.

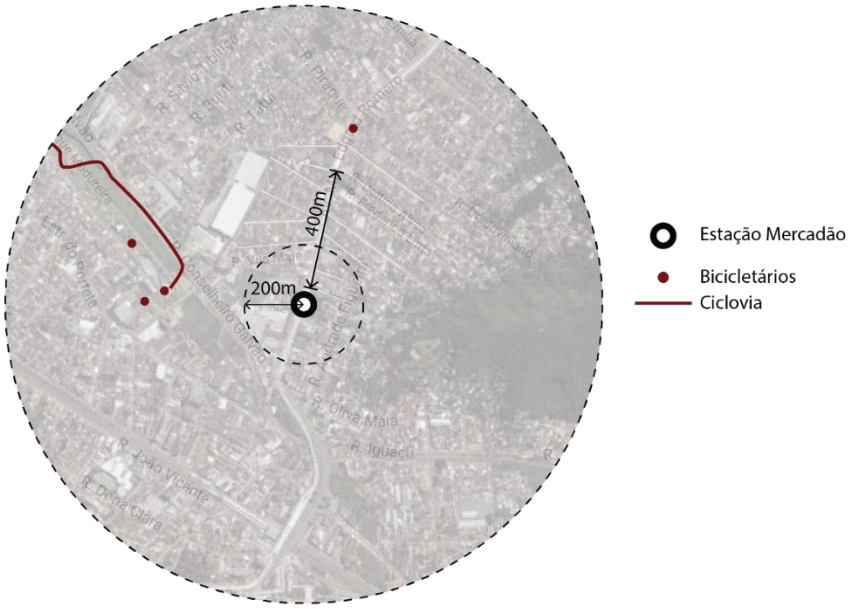
No que diz respeito a elementos da paisagem construída, o entorno da estação Alvorada é carente em fachadas com atividades no nível do pedestre, sendo constituído principalmente de condomínios residenciais e shoppings centers. Essas duas formas de inserção urbana, fechadas em si mesmas, contribuem ainda mais para tornar o ambiente das ruas pouco atrativo não só para ciclistas, mas também para pedestres.

4.2.2. Ciclabilidade na Estação Mercadão

A estação Mercadão, localizada no bairro de Madureira, compreende um dos locais de mais alta demanda do sistema BRT, o que faz com que a estação em questão atenda também ao sistema expresso. Situada em uma área de alta densidade populacional - 100 a 149 habitantes/ha - principalmente de renda mais baixa (ITDP, 2015), o contexto urbano da estação Mercadão é bastante distinto ao apresentado na Barra da Tijuca. No entanto, no que toca a infraestrutura cicloviária, especialmente no entorno da Transcarioca, pouco se observa no sentido de incentivar a integração modal nesta estação, embora apresente alto potencial para tal.

Sem a presença de qualquer tipo de via destinada à bicicleta ou locais próximos da estação para estacionamento das mesmas, a área carece de infraestrutura adequada para estes usuários. Assim também, os cruzamentos existentes não consideram a presença de ciclistas apresentando alta insegurança viária. Entretanto, os demais veículos não transitam em velocidade muito elevada, ficando próxima a uma máxima de 30km/h devido ao alto nível de congestionamentos, o que acaba minimizando em parte o risco daqueles que utilizam a bicicleta como transporte na região, mas acarretando problemas ambientais de poluição.

Imagem 5. Entorno de 1km da estação Mercadão**.**



Mapa elaborado pelo autor

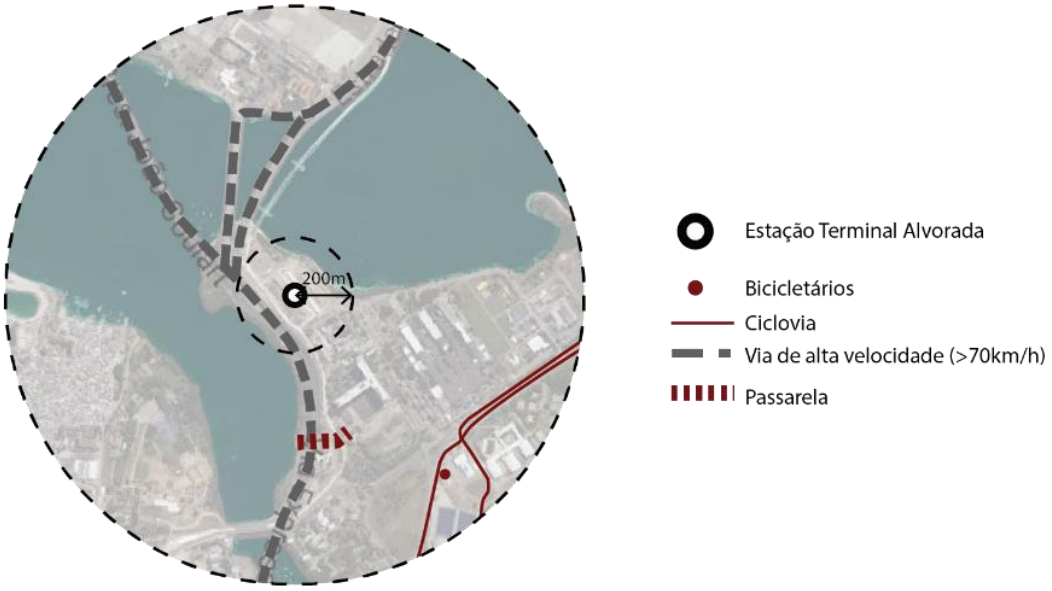
A área de entorno da estação Mercadão apresenta grande número de rotas possíveis, sendo conformada principalmente por quadras de dimensões pequenas e médias, de extensões inferiores a 400m, consequentemente apresentando um alto número de interseções. Além disso, a área apresenta poucos obstáculos topográficos, o que constitui ainda um atrativo para ciclistas. Também, o tradicional comércio de rua do bairro, combinado com outros usos variados (residencial, serviços,etc.) tornam as ruas dinâmicas e colaboram para a sensação de segurança no entorno do BRT. Com isso, a estação apresenta um alto potencial para a integração modal, embora carente de importantes elementos de infraestrutura.4.2.4. Ciclabilidade na Estação Fundão

Localizada na Cidade Universitária, a estação Fundão também representa um local de alta demanda dentro do sistema Transcarioca, sendo, assim como as demais estações analisadas, local de

parada do sistema expresso, oferecendo também possibilidades de conexão com outras linhas de ônibus da cidade.

A ilha universitária já conta hoje com sistema de ciclovias, porém esta malha ainda não chega até a estação de BRT, estando a mais de 200m de distância do terminal de ônibus. Também, a área apresenta dificuldades de acesso por meio de bicicletas, dado o ambiente construído neste entorno e as possibilidades de conexão existentes entre a ilha e o continente. Embora a velocidade de circulação dos demais veículos seja controlada por radares em trechos internos da Cidade Universitária, a estação de BRT está situada próxima à via expressa Linha Vermelha. Com trânsito em velocidade superior a 80 km/h, esta via de alta velocidade acaba também constituindo um obstáculo para os ciclistas, reforçado ainda pela ausência de cruzamentos seguros e revelando a priorização do automóvel neste contexto.

Imagem 6. Entorno de 1km da estação Fundão**.**



Mapa elaborado pelo autor

Os locais de parada para bicicletas ficam restritos aos prédios que compõem o campus, mas assim como as ciclovias existentes, encontram-se afastados da estação da Transcarioca. . A Cidade Universitária, fruto do modelo de planejamento modernista, apresenta quadras de extensas dimensões, fachadas de alinhamento afastado da via e espaço monofuncional, tornando estes locais pouco atrativos para ciclistas e inseguros em determinados horários do dia, quando ocorre seu esvaziamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação de um ambiente amigável ao ciclista no entorno das estações do BRT Transcarioca é determinante para incentivar a integração entre estes modais. O espaço urbano ciclável garante não só a segurança do ciclista, mas demonstra também um forte potencial para incentivar a transferência modal do automóvel particular para o transporte público coletivo, quando associado à bicicleta (CERVERO; CALDWELL; CUELLAR, 2013). Tal mudança vem se mostrando fundamental para a mobilidade sustentável, gerando padrões de deslocamentos menos agressivos da

perspectiva ambiental, mais eficientes do ponto de vista econômico e promotores da equidade social.

No entanto, o ambiente construído favorável ao ciclista exige a ampliação da infraestrutura cicloviária – sobretudo ciclovias e bicicletários – assim como a mudança nas formas de planejamento, impactando na construção da paisagem e tornando-a mais dinâmica na escala humana.

Diante do caso do BRT Transcarioca, como importante eixo de transporte no Rio de Janeiro, tornar seu entorno mais ciclável, por meio das dimensões apontadas, significa também atender às diretrizes indicadas no plano de mobilidade da cidade, bem como na política de transportes na escala nacional, promovendo a sustentabilidade também nos deslocamentos urbanos.

Todavia, nota-se que estas práticas ainda estão pouco consolidadas no ambiente carioca, em especial na área analisada, apresentando contradições mesmo na implantação do modal BRT. Com isso, torna-se necessário que a forma urbana responda a essa demanda por mudança no paradigma dos transportes, favorecendo a ciclabilidade no entorno das estações do BRT, de modo a incentivar a integração entre o BRT e a bicicleta, a partir das particularidades dos diferentes contextos urbanos ao longo do trajeto Transcarioca.

Dessa forma, a integração entre o BRT Transcarioca e a bicicleta pode se tornar um elemento fundamental para a transformação das práticas de deslocamentos, a fim de promover a mobilidade sustentável no Rio de Janeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, R. W. C.; BALASSIANO, R. BRT no Rio de Janeiro: Implicações para Mobilidade Urbana. X Rio de Transportes, p. 1–12, 2012.

AQUINO, A. P. P.; ANDRADE, N. P. Integração intermodal entre bicicleta e trem: definição, características e uso. Revista dos Transportes Públicos - ANTP, v. Ano 30/31, n. 3o e 4o semestre, 2008.

AQUINO, A. P. P. Análise das Potencialidades da Integração entre Trem e Bicicleta e da sua Viabilidade em um Aglomerado Urbano Brasileiro. João Pessoa, 163p., 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba.

CERVERO, R.; CALDWELL, B.; CUELLAR, J. Bike-and-Ride: Build It and They Will Come. Journal of Public Transportation. V.16. No.4. p.83-105, 2013.

FERREIRA, E. A. Integração com o Transporte Não-Motorizado. In: Integração nos Transportes Públicos. ANTP, 2007.

ITDP BRASIL. Padrão de Qualidade TOD (2013). Disponível em: <http://itdpbrasil.org.br/padrao-de-qualidade-tod/> Acesso em 01/07/2016

ITDP BRASIL. Análise de Impacto do BRT TransCarioca na Mobilidade Urbana do Rio de Janeiro (2015). Disponível em < http://itdpbrasil.org.br/brt-transcarioca-relatorio-da-analise-de-impacto/> Acesso em: 14/03/2017.

IZAGA, F. BRT no Rio de Janeiro – transformações e mobilidade urbana. III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, p. 16, 2014.

JACOBSEN, André Cademartori. Transporte coletivo e bicicletas: barreiras e oportunidades. Porto Alegre, 73p., 2009. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KRENN, P. J.; OJA, P.; TITZE, S. Development of a Bikeability Index to Assess the Bicycle-Friendliness of Urban Environments. Open Journal of Civi Engineering, v. 5, n. December, p. 451–459, 2015.

Laboratório de Mobilidade Sustentável da UFRJ - LABMOB (Org.). Perfil Nacional do Ciclista Brasileiro. Parceria Nacional pela Mobilidade por Bicicleta, 2015. Disponível em: <http://ta.org.br/perfil/perfil.pdf > Acesso em 01/07/2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm> Acesso em 01/07/2016.

MOTTA, R. A.; SILVA, P. C.M.; BRASIL, A. C. M. Desafios da mobilidade sustentável no Brasil. Revista dos Transportes Públicos - ANTP, Ano 34, n. 2o quadrimestre, p. 25–48, 2012.OLIVEIRA, G. T.; MOURA, I. B.; ROCHA, J. P. Análise da equidade de impactos do BRT Transcarioca na mobilidade de usuários com diferentes níveis de renda. XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET, p. 10, 2015.

PUCHER, J.; DILL, J.; HANDY, S. Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. Preventive Medicine, v. 50, n. SUPPL., p. S106–S125, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.028>. Acesso em 14/07/2016.

SECRETARIA DE TRANSPORTES DO RIO DE JANEIRO. Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (PMUS). Produto 3 – Diagnóstico, v.2. Rio de Janeiro: Logit-Oficina, 2015. Disponível em:<http://www.rio.rj.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=b5849ba9-3ed2-4e7d-a7e0-53809460890d&groupId=5450795> Acesso em 15/11/2016.

VAN DYCK, D. et al. Perceived neighborhood environmental attributes associated with adults' transport-related walking and cycling: Findings from the USA, Australia and Belgium. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, v. 9, n. 1, p. 70, 2012. Disponível em: <http://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/1479-5868-9-70>. Acesso em 14/07/2016.

VASCONCELLOS, E. A. A dimensão política da integração – o acesso ao espaço. In: Integração nos Transportes Públicos. ANTP, 2007.

VASCONCELLOS, E. A. et al. Política Nacional de Transporte Público no Brasil: organização e implantação de corredores de ônibus. ANTP, v. 3o quadrim, n. 33, 2010.
WINTERS, M. et al. Mapping bikeability: a spatial tool to support sustainable travel. Environment and Planning B: Planning and Design, v. 40, n. 5, p. 865–883, 2013.

398. CICLISMO URBANO: POLÍTICAS PÚBLICAS E INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA EM NANTES (FRANÇA) E COPENHAGEN (DINAMARCA)

KUNZ, Maurício[*1](mauricio_kunz@hotmail.com); RIBEIRO, Lauro André*[1] *(lauro.ribeiro@imed.edu.br); MUSSI, Andrea Quadrado*[1](andrea@imed.edu.br); *NECKEL, Alcindo*[1] *(alcindo.neckel@imed.edu.br)*
[1] Faculdade Meridional (IMED), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO

As altas taxas de utilização de automóveis para deslocamentos nas cidades tem gerado graves problemas de poluição do ar, congestionamentos e acidentes. Nesse contexto, percebe-se a necessidade de repensar os modos de deslocamentos, de modo a incentivar os transportes coletivos em detrimentos dos individuais motorizados, e principalmente, promover os modos de deslocamento ativos, dentre eles destaca-se o uso da bicicleta. A adoção da bicicleta como meio de transporte no ambiente urbano é, segundo Pucher e Buehler (2007), de grande interesse na busca da mobilidade sustentável. No entanto, a conveniência do uso desse modal depende de uma série de fatores, como a presença de infraestrutura adequada e segurança, que podem ser aperfeiçoados por meio de ações e políticas públicas que incentivem tais deslocamentos. Desse modo, a identificação e análise dos instrumentos e ações, realizados por gestores públicos, que incentivam o ciclismo como meio de transporte constituem um importante assunto de pesquisa a ser explorado. Nesse trabalho, propõe-se a identificação de tais medidas, formalizadas em seus planos de mobilidade urbana, em duas cidades tomadas como estudo de caso, Nantes (França) e Copenhague (Dinamarca). Por meio do diagnóstico das ações, projetos e diretrizes identificados nos Planos de Mobilidade Urbana e Planos Diretores das referidas cidades, foi possível realizar uma análise comparativa, bem como relacioná-las com a efetividade de implementação e suas consequências na conveniência e adoção do transporte por bicicleta. A partir dos resultados obtidos com a identificação dessas ações, pretende-se conceber propostas que venham a contribuir na elaboração de estratégias de planejamento que incentivem modos alternativos de deslocamento.
Palavras-chave: mobilidade ativa; bicicletas; políticas públicas; infraestrutura cicloviária.

URBAN CYCLING: PUBLIC POLICIES AND CYCLE INFRASTRUCTURE IN NANTES (FRANCE) AND COPENHAGEN (DENMARK)

ABSTRACT

The high rates of car use for commuting in cities have generated serious problems of air pollution, traffic jams and accidents. In this context, one can see the need to rethink the modes of displacement, in order to encourage collective transportation in the detriment of motorized individuals, and especially, to promote active modes of transportation, among which the use of bicycles stands out. Bicycle adoption as a means of transport in the urban environment has a great interest in the search for sustainable mobility. However, the convenience of using this modal depends on a number of factors, such as the presence of adequate infrastructure and safety, which can be enhanced through public actions and policies that encourage such transportation mode. In this way, the identification and analysis of the instruments and actions carried out by public officials that encourage cycling as a means of transportation constitute an important research subject to be

explored. In this paper, it is proposed to identify such measures, formalized in their urban mobility plans, in two cities as case studies, Nantes (France) and Copenhagen (Denmark) through the diagnosis of the actions, projects and guidelines identified in the Urban Mobility Plans and Master Plans of these cities. It was possible to carry out a comparative analysis and, later, to relate them to the effectiveness of implementation and its consequences in the convenience and adoption of bicycle transport. From the results obtained with the identification of these actions, it is intended to design proposals that will contribute to the elaboration of strategies that encourage alternative modes of transportation.
Keywords: Active mobility; bikes; public policies; cycle paths

1. INTRODUÇÃO

O uso da bicicleta como modal de transporte urbano tem despertado o interesse de planejadores urbanos e gestores públicos pela sua potencialidade na mitigação de diversos problemas urbanos, ligados, principalmente, à mobilidade urbana e qualidade do ar. Grande parte dos referidos problemas pode ser atribuído ao intenso uso de transporte motorizado individual nos deslocamentos diários e suas consequências, como a emissão de gases poluentes, a alta demanda por espaço público viário e a insegurança causada à população que se desloca à pé ou de bicicleta (PUCHER E BUEHLER, 2008; PUCHER E DIJKSTRA, 2003). Nesse contexto, percebendo a insustentabilidade do modelo urbanístico baseado no uso de automóveis, diversas municipalidades têm adotado diretrizes e ações de fomento à mobilidade ativa, em detrimento de transportes motorizados, formalizadas em agendas de sustentabilidade urbana de ordem mais abrangente, envolvendo, além de mobilidade, a questão da habitação, saneamento e infraestrutura.
Na adoção de planos e estratégias que promovam hábitos saudáveis nos deslocamentos urbanos, Hull e O'Holleran (2014) apontam que países como Dinamarca, Holanda e Alemanha tem se destacado na implementação de eficientes conjuntos de políticas públicas e infraestruturas para fomento à mobilidade ativa e, principalmente ao uso da bicicleta. Estudos demonstram que a alta efetividade dessa atuação pública provém de um conjunto de medidas para garantir a segurança, conforto e atratividade do ciclismo urbano, provendo infraestrutura cicloviária (pistas e estacionamentos) integrada ao transporte público, concedendo-lhe a prioridade sobre veículos motorizados em interseções, além de promover campanhas de incentivo à adoção desse modal (Bertolini & le Clerq, 2003; Hull, 2010). Nesse mesmo contexto, também são implementadas medidas que restringem e/ou diminuam a conveniência do uso de automóveis, dentre as quais pode-se citar a criação de taxas ligadas ao seu uso, assim como restrições espaciais.
O estudo destes fatores, oriundos da implementação das políticas públicas, é de grande relevância para analisar a efetividade no aumento da utilização da bicicleta. Pucher e Buehler (2008) demonstram que a oferta de infraestrutura cicloviária é a causa do sucesso das políticas pró-bicicleta em países como Dinamarca, Holanda e Alemanha, tornando o uso desse meio de transporte seguro e atrativo para todas as faixas etárias e níveis de habilidade. Nesse contexto, esse trabalho busca analisar como as políticas públicas de fomento aos deslocamentos de bicicleta resultam em infraestrutura e conveniências para o ciclismo, utilizando as cidades de Nantes e Copenhagen como estudo de caso. A escolha das cidades justifica-se pelos similares índices de infraestrutura cicloviária, densidades construídas semelhantes, e também por se tratar de duas cidades laureadas com o Prêmio de Capital Verde Europeia, o qual reconhece e premia esforços para aprimorar o meio ambiente, a economia e a qualidade de vida nas cidades (COMISSÃO EUROPEIA, 2016). Nesse mesmo sentido, também busca-se compreender os fatores que

acarretam os diferentes níveis de utilização de bicicleta, partindo do pressuposto que tais níveis deveriam ser proporcionais às facilidades proporcionadas pelas políticas públicas.

Para o desenvolvimento do estudo, serão analisadas as ações e programas implementados pelas municipalidades que objetivem incrementar o ciclismo urbano como modal de transporte, assim como bem realizar um levantamento da oferta de infraestrutura cicloviária existente, de modo a realizar análises comparativas entre as duas cidades. Com os resultados obtidos, pretende-se colaborar para a identificação de ações com maior potencial de efetividade, e assim, auxiliar nas tomadas de decisão a serem tomadas por municipalidades em planos de promoção ao ciclismo.

2. OBJETIVO

Diante do cenário apresentado, o objetivo deste trabalho consiste em compreender como as políticas públicas e infraestrutura voltadas ao uso da bicicleta contribuem para a adoção do ciclismo nas cidades de Nantes e Copenhagen. Para tanto, objetiva-se, especificadamente: diagnosticar as políticas públicas de incentivo ao uso de bicicleta nessas cidades; realizar análises sintáticas das malhas cicloviárias existentes nas cidades para posterior comparação e, por fim, identificar os conjuntos de ações que apresentam maior efetividade na atratividade e conveniência para os deslocamentos de bicicleta.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa utiliza o método qualitativo. Para tanto, foi conduzida à partir de duas: as políticas públicas de promoção à adoção do ciclismo como meio de transporte e a infraestrutura cicloviária existente nas cidades estudadas. O estudo também utiliza aspectos do método quantitativo, nas análises dos padrões de deslocamentos nas cidades estudadas.

O levantamento das políticas públicas e campanhas de promoção da bicicleta como meio de transporte foi realizado por meio de análise documental nos planos de mobilidade urbana e planos setoriais e outros documentos oficiais relevantes para a organização da mobilidade urbana.

Para o levantamento e diagnóstico da rede pistas cicláveis, os foram obtidos por meio de pesquisa iconográfica e documental em plataformas públicas de divulgação de informações das cidades citadas. Uma vez conhecidas as redes de pistas cicláveis, elas serão analisadas por meio da sintaxe espacial, com auxílio do software DephtmapX, onde foram realizados testes de conectividade, abrangência e integração das redes de ciclovias.

Por fim, realizou-se uma análise comparativa das duas cidades, por meio do cruzamento dos dados levantados e índices de adoção da bicicleta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Copenhagen (Dinamarca)

Copenhagen é a capital e maior cidade da Dinamarca, abrigando uma população urbana de 591.481 habitantes em sua municipalidade, e de 1.280.371 habitantes na região metropolitana (STADBANK, 2016). Situa-se na costa oriental da Ilha de Seeland (Figura 1), próxima do estreito de Oresund que separa a Dinamarca da Suécia. Laureada do prêmio Capital Verde Europeia no ano de 2014, a cidade investe em parcerias público-privadas com o intuito de fomentar o desenvolvimento sustentável da cidade.

Em relação à mobilidade urbana sustentável, o poder público da cidade estipulou como objetivos a serem alcançados até 2025 que 75% dos deslocamentos diários sejam feitos a pé, bicicleta ou por transporte público; que 50% das viagens ao trabalho ou escola sejam feitos de bicicleta e que o transporte público não seja emissor de carbono (COMISSÃO EUROPEIA, 2015).
De modo geral, na Dinamarca, percebe-se uma forte tradição do uso da bicicleta para deslocar-se nas cidades. O ciclismo é, para a maioria dos dinamarqueses, associado a sensações de liberdade e saúde (RUBY, 2016). A estrutura cicloviária de Copenhague é composta por cerca de 350 quilômetros de ciclovias, 23 quilômetros de ciclofaixas, e 43 quilômetros de ciclovias-verdes em parques. Em relação ao uso dessa infraestrutura, os deslocamentos para escolas ou trabalho feitos em bicicletas correspondem acerca de 36% do total, resultando num montante diário de 1.200.000 quilômetros pedalados diariamente (KAPLAN et al., 2014).
O planejamento da estrutura cicloviária é realizado tendo como objetivo a redução do tempo das viagens realizadas de bicicleta, tornando mais atrativa que os demais modais pela sua praticidade. Dessa forma, cerca de 90% dos ciclistas admitem que o menor tempo de viagem é o principal fator para a escolha do ciclismo para deslocamentos (COLVILLE, 2015)

4.2 Nantes (França)

Nantes é uma cidade situada na região oeste da França (Figura 1), distante 385 Km da capital Paris, e 50 Km da costa do Oceano Atlântico. Sendo a sexta maior cidade do país, com 299.682 habitantes (NANTES METROPOLE, 2016). A cidade é centro da conurbação Nantes Métropole, reunindo 24 municipalidades das cidades e vilarejos sob uma administração regional que gerencia transporte e planejamento urbano. De acordo com Auran (2012) a conurbação compreende 602.923 habitantes. Nantes foi a primeira cidade da França a reintroduzir bondes elétricos no transporte público, os chamados tramways (HEATHER, 2013). A valorização do transporte público e de meios alternativos de deslocamento é uma das prioridades nos projetos de requalificação urbana da cidade. Nos últimos 10 anos, Nantes desenvolveu uma política de transporte focada no uso de transporte público e bicicletas. Reconfigurações urbanas no centro foram planejadas para minimizar o uso de carros e otimizar as condições para a circulação de pedestres e ciclistas (COMISSÃO EUROPEIA, 2013). No ano de 2004, a revista Time Magazine elegeu Nantes como “mais agradável cidade para viver na Europa”, e no ano de 2013 a Comissão Europeia de Meio Ambiente atribuiu à cidade o título de Capital Verde Europeia (COMISSÃO EUROPEIA, 2013).
No que concerne a mobilidade ativa, especificamente as bicicletas, a administração pública de Nantes implementou um programa de ações integradas visando o incentivo aos deslocamentos diários de bicicleta. O Plan Vélo abrange soluções de estacionamentos, espaços públicos para uso desse modal e aumento da rede cicloviária (ALLEN, 2013).
O conjunto de ações voltadas ao deslocamentos realizados em bicicletas tem por objetivo aumentar a porcentagem de 5% atuais para de 12% até o ano de 2030 (ALLEN, 2013). Em comparação com outras cidades do mundo, Nantes ocupa o 7º lugar dentre as cidades “amigas da bicicleta” segundo o ranking Copenhagenize (CDC, 2015).

Figura 1: Localização de Nantes e Copenhagen.



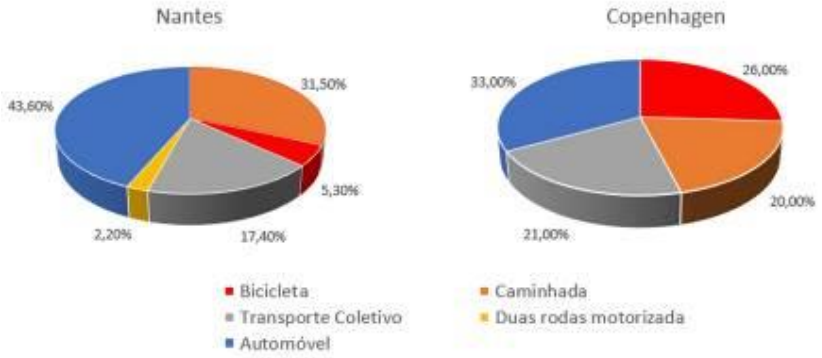
Elaboração própria. Base cartográfica: ARCGIS (2016)

4.3 Estratégias pró-bicicleta e Infraestrutura cicloviária

Estratégias e políticas públicas para a promoção dos deslocamentos de bicicleta nas cidades podem apresentar, conforme Gössling (2013), ações voltadas ao controle e restrição de outros modais, que não as bicicletas. Dentre essas medidas, pode ser relatada a taxação da circulação de veículos automotores, de modo a reduzir sua conveniência de utilização e, consequentemente, liberar espaço para os demais meios de transporte. Nesse contexto, medidas referentes a regulação da conduta no trânsito, como a prioridade em semáforos diminuição da velocidade permitida nas vias, podem privilegiar ciclistas e proporcionar-lhes mais segurança nos trajetos. Pucher et al. (2010) lista, em revisão sobre o tema, uma série de intervenções que tiveram impacto positivo na atratividade do ciclismo, dentre os quais pode-se citar as áreas calmas, estacionamentos nas estações ferroviárias e paradas de ônibus, bicicletários nos ônibus, pistas coloridas e zonas sem carro.

Considerando a divisão modal (Figura 2) das cidades em estudo, verifica-se, empiricamente, que as políticas públicas e estratégias adotadas em Copenhague apresentam maior eficiência na atratividade aos ciclistas.

Figura 2: Distribuição dos deslocamentos diários de acordo com os modais utilizados dentro dos perímetros urbanos de Nantes e Copenhagen



Elaboração própria com base nos dados de Auran (2014) e City of Copenhagen (2013)

A comparação entre as diversas diretrizes e políticas adotadas em relação à mobilidade por bicicleta nas cidades acima mencionadas faz-se na Tabela 1, a fim de buscar correlações entre a atuação

dos poderes públicos e os índices de utilização do ciclismo para deslocamentos nos seus contextos urbanos.

Tabela 1. Ações de promoção ao ciclismo urbano adotadas em Nantes e Copenhagen

Estratégias	Benefício aos ciclistas	Nantes	Copenhagen
Bike Box: área demarcada entre a faixa de pedestres e a linha de parada dos automóveis em cruzamentos.	Facilita a visualização dos ciclistas pelos motoristas, uma vez que os ciclistas posicionam-se em frente aos automóveis. Além disso, esse avanço em relação aos automóveis provê maior segurança aos ciclistas realizarem conversões ou seguir na mesma direção, por estarem no campo de visão de motoristas e mais próximos ao cruzamento.	Não consta	Bike boxes instalados em cruzamentos de maior fluxo;
Sinaleira específica para ciclistas, com abertura anterior à dos automóveis	Provê aos ciclistas o tempo necessário para realizar uma conversão ou atravessar o cruzamento antes que os automóveis o façam, evitando conflitos. Pode funcionar em associação às faixas de retenção.	Estratégia implementada: Instaladas em cruzamentos de maior fluxo.	Estratégia implementada: Instaladas em cruzamentos de maior fluxo, em conjunto com Bike Boxes;
Permissão para cruzar semáforo fechado quando da ausência de pedestres e carros no cruzamento	Permite maior fluidez no trajeto, ao reduzir os tempos de parada e, em cruzamentos com baixo fluxo,	Estratégia implementada: Permitido na área central;	Estratégia implementada
Blue cycle crossings: Linhas ou marcações no interior dos cruzamentos indicando trajeto dos ciclistas	Orienta os ciclistas em cruzamentos complexos, onde os padrões de trajetos podem não ser viáveis.	Não consta	Estratégia implementada
Ilhas de separação de tráfego	Fornecem espaço exclusivo aos ciclistas parados em cruzamentos complexos.	Não consta	Estratégia implementada
Integração com transporte público: Presença de bicicletários e/ou estações de bicicletas compartilhadas nas paradas de ônibus e/estações de trem e VLT. Permissão para transporte de bicicletas nos modais.	Promove o uso da bicicleta como complemento para deslocamentos longos, ao possibilitar seu uso no trajeto entre o ponto de partida até o modal de transporte coletivo e, posteriormente, até o destino final;	Estratégia implementada:	Estratégia implementada:

Subsídios para compra de bicicletas	Incentiva a aquisição, ao melhorar a sua atratividade financeira;	Estratégia implementada: 300 euros de auxilio para aquisição de bicicleta para cargas	Não consta
Ciclovias em sentido contrário à da faixa de rolagem	Melhora a acessibilidade, via pista ciclável, de locais com malhas abertas, reduzindo a necessidade de contornos	Estratégia implementada	Estratégia implementada

Elaboração própria com base nos dados de Auran (2014) e City of Copenhagen (2013)

Observando a implementação das estratégias acima mencionadas, percebe-se uma maior preocupação, em Copenhagen, quando à medidas que tornem o uso das bicicletas mais rápido que outros modais e assim, aumentem a sua conveniência. No entanto, os contrastes entre os níveis de adoção do ciclismo como meio de transporte nas duas cidades não podem ser atribuídos exclusivamente a estas variáveis. Nesse contexto, percebe-se que variáveis como a morfologia do traçado e as percepções dos usuários também devem ser levados em consideração, corroborando os estudos de Rietveld e Daniel (2004) e Tironi (2012).

4.4 Sintaxe espacial da rede de vias cicláveis

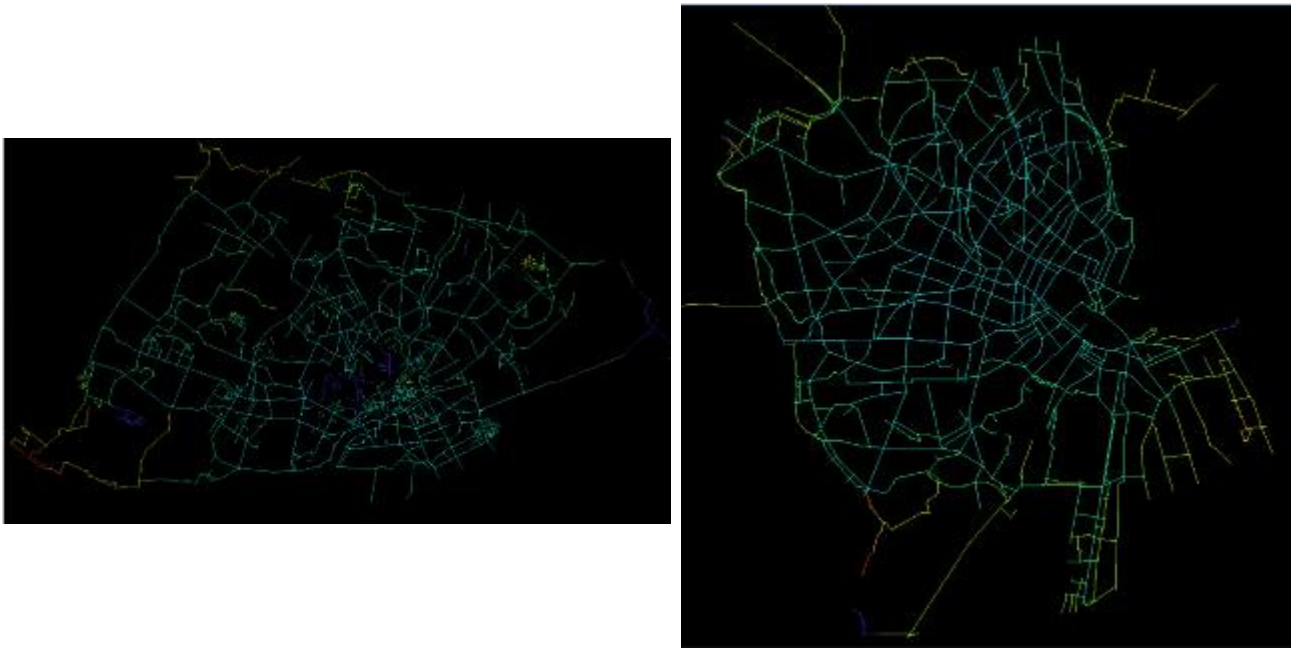
A teoria da sintaxe espacial, criada por Hillier (1979), propõe uma descrição das configurações do traçado urbano, estabelecendo relações entre espaço público (vias) e privado por meio de medidas quantitativas que auxiliam na compreensão de aspectos importantes do sistema urbano (SABOYA, 2016). Para as análises sintáticas das redes de pistas cicláveis, fez-se necessário traçar as linhas axiais de toda a extensão da infraestrutura cicloviária nas duas cidades estudadas. Estas linhas axiais constituem-se nas maiores linhas retas capazes de cobrir todo o sistema de espaços abertos da área a ser estudada, gerando como produto um mapa axial a ser analisado.

Apesar a sintaxe espacial ter sua efetividade comprovada na previsão de padrões de fluxos de pedestres, com a chamada Teoria do Movimento Natural, esta ferramenta não aplica-se da mesma forma ao comportamento de ciclistas (DALTON, 2015). Dessa forma, diversos estudos foram realizados a fim de incluir fatores importantes nos padrões de deslocamento dos ciclistas, tais como elevações e necessidades de paradas (ASAMI ET AL. 2003; FRASER e LOCK, 2011; JIANG e CLARAMUNT, 2002). Por outro lado, a sintaxe espacial ainda apresenta-se como uma ferramenta efetiva em estudos comparativos de redes de pistas cicláveis, levando em consideração variáveis como Integração e Profundidade para estabelecer a qualidade de abrangência dos recortes urbanos.

Os mapas de integração gerados pela sintaxe espacial expressam, segundo Hillier et al, (1993) o quão bem integradas ou segregadas estão as linhas ou regiões de um mapa axial, considerando a quantidade de passos topológicos necessários para se chegar a qualquer ponto do mapa (Integração Global) ou então, quantas possibilidades de trajetos existem considerando um número n de passos topológicos (integração Local). Nesse contexto, o mapa de integração global permite identificar a efetividade na abrangência do território pelo traçado cicloviário, sendo percebido pela predominância ou não de áreas segregadas, as quais encontram-se mais distantes, topologicamento, e demandam, portanto, uma maior quantidade de conversões e ou mudanças de direção para serem acessadas. Essa necessidade de realizar conversões, de acordo com Colville

(2015) e Danton (2015) é inversamente proporcional à fluidez dos trajetos e, assim, tem influência direta na atratividade destes deslocamentos.
Na análise sintática dos mapas axiais da infraestrutura cicloviária de Nantes e Copenhagen pode-se perceber os diferentes índices integração global dos sistemas, permitindo uma análise comparativa entre as duas e a identificação de características morfológicas mais favoráveis ao ciclismo.

Figura 3: Mapa de Integração Global das malhas cicloviárias de Nantes e Copenhagen



Elaboração própria com base nos dados de Auran (2014) e City of Copenhagen (2013)

Os mapas de calor gerados pela análise sintática, considerando os níveis de Integração Global (Figura 3), demonstram a maior uniformidade de integração na malha cicloviária de Copenhagen, enquanto, em Nantes, a maior irregularidade do traçado aliada à sua característica radial resulta numa malha cicloviária menos integrada, apresentando áreas segregadas nas regiões periféricas assim como em sua região central.
No caso de Copenhagen, percebe-se o grande número de eixos contínuos, que permitem deslocar-se por várias regiões da cidade necessitando poucos passos topológicos. Enquanto, na cidade de Nantes, o traçado irregular obriga os ciclistas a realizarem constantes mudanças de direção. Essa necessidade de mudança de direções resulta em desconforto nos deslocamentos, uma vez que o número de retomadas de velocidades a serem efetuadas aumenta.
Dessa forma, um dos fatores, dentre vários, que podem ser associados à menor adesão do ciclismo observado em Nantes, é a influência do seu traçado na conveniência dos deslocamentos de bicicleta. Esse contexto também corrobora os estudos de Fraser & Lock (2011) e Danton (2015), que demonstram que ciclistas preferem rotas que inflijam baixa necessidade de trocas de velocidade e direção, limitando o número de retomadas e, consequentemente, diminuindo o esforço físico.

5. CONCLUSÃO

As características morfológicas das malhas cicloviárias tem influencia direta na atratividade dos deslocamentos por bicicleta. Em traçados urbanos irregulares, onde a fluidez dos trajetos pode ser prejudicada, devem ser implementadas, pelo poder público, estratégias de planejamento cicloviário que permitam maior fluidez nestes deslocamentos, dentres as quais pode-se indicar priorização dos ciclistas em detrimento de modais motorizados ao atravessarem cruzamentos. Além disso, o planejamento cicloviário deve ser realizado, em conjunto com políticas públicas, de modo a minimizar os obstáculos e a necessidade de paradas, sobretudo em trajetos longos como os centro-periferia, de forma a compensar as irregularidades do traçado e otimizar o tempo de trajeto.
As análises sintáticas podem constituir-se numa ferramenta efetiva para estudos comparativos de malhas cicloviárias, porém, sua efetividade pode ser melhorada ao incluir dados de distribuição populacional à estes estudos.
Considerando a importância dada ao prêmio Capital Verde Europeia, a qual reconhece cidades com ações eficazes na promoção da sustentabiildade urbana, tornando-as modelos para as demais, sugere-se que seja traçado um panorama geral das políticas pró-bicicleta implementadas nas 8 capitais laureadas até o momento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AURAN – AGENCE D'URBANISME DE LA RÉGION NANTAISE. **Nantes Métropole: Chiffres et repères.** Nantes, 2012. (Relatório de Censo demográfico).

CDC – COPENHAGENIZE DESIGN COMPANY; **Copenhagenize Index bike-friendly cities.** Disponível em: <http://copenhagenize.eu/index/>. Acesso em: 2 abril 2016.

COMISSÃO EUROPEIA. **European Green Capital:** Green cities fit for life. 2012. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/about-the-award/index.html#Background%20to%20the%20European%20Green%20Capital%20Award. Acesso em: 5 abril 2016.

CITY OF COPENHAGEN. **City of cyclists.** Technical and Environment Administration Traffic Department. Copenhagen, 2013.

COLVILLE, Michael-Andersen. **Nantes – A city getting it right.** Disponível em: http://www.copenhagenize.com/2014/10/nantes-city-getting-it-right.html. Acesso 12 março 2017.

GÖSSLING, Stefan. Urban transport transitions: Copenhagen, City of Cyclists. **Journal Of Transport Geography,** v. 33, p.196-206, dez. 2013. Elsevier BV.

HEINEN, Eva; VAN WEE, Bert; MAAT, Kees. Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature. **Transport Reviews,** v. 30, n. 1, p.59-96, jan. 2010.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HULL, Angela; O'HOLLERAN, Craig. Bicycle infrastructure: can good design encourage cycling? **Urban, Planning And Transport Research,** v. 2, n. 1, p.369-406, jan. 2014. Informa UK.

NANTES METROPOLE**. Institution métropolitaine:** Les 24 communes. Disponível em: http://www.nantesmetropole.fr/institution-metropolitaine/24-communes/>. Acesso em 12 abril 2016.
PUCHER, J.; BUEHLER, R. Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. **Transport Reviews,** v. 28, n. 4, p.495-528, jul. 2008. Informa UK.

PUCHER, J.; DIJKSTRA, L. Promoting safe walking and cycling to improve public health: lessons from the Netherlands and Germany. **American Journal of Public Health, v.** 93 n. 9. p. 1509-1516. 2003.

PUCHER, J., BUEHLER, R.. At the frontiers of cycling: Policy innovations in the Netherlands, Denmark, and Germany. **World Transp. Policy Pract.** 13 (3), 8–57, 2007

SABOYA, Renato. **Sintaxe Espacial**. Disponível em www.urbanidades.arq.br. Acesso em 20/11/2016.

STADBANK – STATISTICS DENMARK. **Population at the first day of the quarter by municipality, sex, age, marital status, ancestry, country of origin and citizenship.** Disponível em: http://www.statbank.dk/statbank5a/default.asp?w=1600. Acesso em: 17 abril 2016.

TIRONI, M. **Algumas contribuições metodológicas sobre a mobilidade em bicicleta**. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/49561/algumas-contribuicoes-metodologicas-sobre-a-mobilidade-em-bicicleta>. Acesso em: 15 abril 2016.

448. SUSTENTABILIDADE E ESPAÇOS PÚBLICOS URBANOS: CONTRIBUIÇÕES SOBRE ASPECTOS PSICOLÓGICOS E ETÁRIOS DA ACESSIBILIDADE

LIBARDONI, Thaís Debli[*1](thais_libardoni@hotmail.com); CHIARELLI, Ligia Maria Ávila*[1] *(biloca.ufpel@gmail.com); PORTELLA, Adriana Araújo* [1](adrianaportella@yahoo.com.br)
[1]Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
Conscientemente ou inconscientemente, critérios físicos ou psicológicos são usados nas escolhas sobre o deslocamento em espaços públicos. Na busca pelo conforto dos usuários, as dimensões da sustentabilidade necessitam de um enfoque abrangente, considerando ambiente e comportamento. Parques urbanos e praças normalmente apresentam-se divididos por idade, acentuando diferenças e conflitos, especialmente entre jovens e idosos. As relações intergeracionais têm potencial de diminuir preconceitos e promover ganhos mútuos entre os envolvidos. Com esse estudo espera-se contribuir para avançar na proposição de espaços mais sustentáveis, gerando desenvolvimento comunitário e aprimorando propostas que promovam essas relações. Busca-se detectar possíveis conflitos e influências na apropriação de um ambiente com usos divididos por idade, determinando o papel de fatores etários e psicológicos nas escolhas dos idosos e na forma como a mobilidade é experimentada. A hipótese a ser verificada é que atividades predeterminadas não só podem intensificar o uso como inibir certos usuários através da criação de barreiras psicológicas. Este estudo de caso em um parque urbano de Pelotas/RS (Brasil) usa métodos quantitativos e qualitativos de coleta e análise de dados. Mapas comportamentais e questionários consideraram usuários de todas as idades, sendo posteriormente filtrados por grupo etário. Percepções sobre mobilidade e ambiente foram classificadas como inferenciais, operacionais ou responsivas; centradas em pessoas, ambiente ou comportamento. Resultados parciais indicam que a socialização é o principal objetivo de jovens e idosos neste ambiente. Verificou-se certo nível de conflito etário entre jovens e idosos, resultando na interferência indireta de fluxos internos, alterando a mobilidade espacial e estimulando a segregação etária. Idosos demonstram pouca mobilidade entre áreas de atividades específicas e aspectos psicológicos interferem mais em suas respostas. Sendo o único grupo etário a mencionar comportamentos relacionados à idade como barreiras ao deslocamento, pode-se aceitar que a delimitação de atividades pode estar influenciando fatores psicológicos responsáveis por escolhas espaciais.
Palavras-chave: idosos; sustentabilidade; espaços públicos urbanos; convívio intergeracional; psicologia ambiental.

SUSTAINABILITY AND URBAN PUBLIC SPACES: CONTRIBUTIONS ON PSYCHOLOGICAL AND AGE ASPECTS OF ACCESSIBILITY

ABSTRACT
Consciously or unconsciously, physical or psychological criteria are used to make choices about mobility through public spaces. In the search for the user's comfort, the dimensions of sustainability require a comprehensive approach, considering environment and behaviour. Urban parks and squares usually are age-divided, accentuating differences and conflicts, especially between young

and elderly. Intergenerational relations have the potential to reduce prejudices and promote mutual gains among those involved. This study intends to contribute to advance the proposition of more sustainable spaces, generating community development and enhancing proposals that promote these relations. It seeks to detect possible conflicts and influences on the appropriation of an environment with uses divided by age, determining the role of age and psychological factors in elderly's choices and in the way mobility is experienced. The hypothesis to be verified is that predetermined activities can not only intensify the use as also inhibit certain people by creating psychological barriers. This case study in a park in Pelotas/RS (Brazil) uses quantitative and qualitative methods of data collection and analysis. Behavioural mapping and questionnaires considered users of all ages, being subsequently filtered by age group. Perceptions about mobility and environment were classified as inferential, operational or responsive; centred in person, environment or behaviour. The partial results indicate that socialization is the main goal for young and elderly in this environment. It is characterized a certain level of age conflict between young and elderly, resulting in indirect interference of internal flows, changing the spatial mobility and stimulating age segregation. Elderly demonstrate lower mobility between areas of specific activities and psychological aspects interfere more in their responses. Since they are the only group to mention age related issues and behaviours as barriers for displacement, it may be accepted that the delimitation of activities may be influencing psychological factors responsible for spatial choices.
Keywords: Elderly; sustainability; urban public spaces; intergenerational conviviality; environmental psychology.

1. INTRODUÇÃO

Estudos são desenvolvidos mundialmente sobre acessibilidade nos espaços públicos urbanos visando a inclusão de pessoas com algum decréscimo funcional como os idosos. O fenômeno do envelhecimento populacional colocou o foco na questão etária, buscando a adaptação ao novo panorama. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que em 2015, 12% da população mundial tinha 60 anos ou mais, número que cresce 3,26% ao ano devido à queda da fertilidade e ao aumento da expectativa de vida (UN, 2015). A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera idosos aqueles com 60 anos ou mais em países em desenvolvimento (WHO, 2002), mas aos 50 anos iniciam decréscimos físicos (MATSUDO; MATSUDO; NETO, 2000).

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revela que entre 1980 e 2013, a expectativa de vida aumentou 12,4 anos, atingindo 74,9 anos. Este fenômeno é mais recente e rápido em países em desenvolvimento. Países desenvolvidos passam pelo processo de forma gradual há décadas. Assim, programas como o *Age-friendly cities* são desenvolvidos pela OMS para auxiliar a construção políticas públicas e espaços urbanos amigáveis a todas as idades. Ele atua, entre outras áreas, nos “Espaços ao ar Livre e Construídos” (WHO, 2007).

A manutenção de uma vida saudável para os habitantes da cidade está diretamente ligada a sustentabilidade de seus espaços públicos (MAHDJOUBI; SPENCER, 2015), tanto na esfera física, quanto comportamental e psicológica. Outrossim, a falta de acessibilidade a estes ambientes pode ser igualmente prejudicial e difícil de ser combatida.

> (...) a acessibilidade (...) não é simplesmente movimentar-se, mas chegar aos destinos desejados. Nesse sentido, com um enfoque mais amplo que o da mobilidade, ao se tratar de acessibilidade, considera-se que há uma conexão entre a oferta do sistema de circulação e a estrutura urbana, e ela refere-se ao modo como o indivíduo pode usar o espaço da cidade” (PEREIRA, 2006).

Nesse sentido, a acessibilidade é complexa e multidimensional, considerando barreiras físicas e psicológicas que dificultam ou até impedem o aproveitamento integral dos espaços. Os estudos ambiente-comportamento, também chamados de Psicologia Ambiental, tratam das relações entre os indivíduos e os ambientes físicos em que estão inseridos (GIFFORD, 2007). Por "psicologia" neste contexto, entende-se aquilo que está presente no ambiente e que afeta o comportamento ou sentimentos (SHAFTOE, 2008). As relações espaço-usuário, positivas ou problemáticas, são dinâmicas e mutáveis. O estabelecimento de certos padrões comportamentais nos ambientes, os chamados *behavior settings* (BARKER, 1968), pode promover barreiras psicológicas como insegurança, desinteresse, incompatibilidade, e até mesmo a segregação. Em 1986, Gibson referiu-se a estas relações através do termo *affordance* que vem do verbo da língua inglesa *afford,* o qual pode ser traduzido por "permitir". O que o ambiente permite ao usuário depende não só do que ele oferece, mas também da forma com que diferentes usuários podem ou desejam recebê-lo (GIBSON, 1986). Tanto Barker (1968) quanto Gibson (1986) utilizam-se de uma perspectiva ecológica, onde ambiente e comportamento influenciam e são influenciados um pelo outro. Assim, assume-se que quando um espaço não acomoda confortavelmente determinados usos e ou comportamentos, usuários que se identificam com estes padrões podem passar a evitar o local.
Estas barreiras são condicionantes da segurança e do bem-estar, principalmente para idosos e jovens, duas das faixas etárias mais vulneráveis socialmente, significando que a fase da vida é um dos fatores decisivos na acessibilidade ambiental e equidade (CARMONA; MAGALHÃES; HAMMOND, 2008). Apesar de representarem lados opostos na linha da vida, estes grupos etários possuem semelhanças. Jovens utilizam os espaços públicos para desenvolver habilidades sociais, físicas e psicológicas longe do controle dos pais (PEACE, 2005). Já os idosos têm nestes espaços a oportunidade de manutenção das mesmas habilidades, uma vez que o processo de envelhecimento causa o afastamento de redes sociais mantidas por trabalho e educação além das perdas físicas. Além disso, Layne, em 2009, desenvolveu um estudo baseado nas *affordances* sobre as semelhanças perceptivas ambientais entre estes grupos, buscando a integração etária, através do convívio intergeracional, reconhecido por representar ganho mútuo entre as gerações envolvidas, além de ter o potencial de diminuir preconceitos etários através do reconhecimento das diferenças. Entretanto, mesmo que estudos afirmem a importância do ambiente físico, natural e cultural no atendimento às necessidades sociais e de desenvolvimento de jovens e idosos (LAYNE, 2009), os estudos do ambiente, comportamento e urbanismo, apresentam pouca investigação quanto ao papel do ambiente para oportunizar ou inibir o convívio entre estas faixas etárias. Assim, este estudo busca contribuir no entendimento da dinâmica etária urbana através do aprofundamento na percepção ambiental e no comportamento dos dois grupos.

1.1. Sustentabilidade e Estudos Ambiente-Comportamento

A preocupação com os efeitos da humanidade sobre o meio ambiente são relativamente recentes. O conceito de sustentabilidade vem sendo discutido e aprimorado continuamente. Nesse sentido, autores em diversas áreas do conhecimento empregam diferentes visões acerca do tema. Algumas delas apoiam-se na própria etimologia da palavra. O termo sustentável tem origem no latim *sustentare*: sustentar, apoiar e conservar. Sachs (2002) definiu sete dimensões da sustentabilidade: *social* (menor distanciamento entre classes sociais); *econômica* (questões sociais como forma de avaliar a economia); *ecológica* (racionalização do uso de recursos esgotáveis); *territorial* (distribuição mais equilibrada entre campo/cidade); *ambiental* (respeito à capacidade de autodepuração dos ecossistemas); *política (*democracia e os direitos humanos); e *cultural (*valorização de especificidades de modo a dar continuidade às diferentes culturas).

No urbanismo, sustentabilidade está ligada à qualidade de vida. Gehl (2015) relaciona a vivacidade dos espaços urbanos a sua capacidade de se manterem ativos, se sustentando enquanto lugares. Lugares implicam a existência de uma apropriação, espaços com identidade. Consequentemente, percebe-se a importância do estímulo à conservação, à criação e à tranmissão dessas identidades no meio urbano ao longo do tempo, entre gerações.
Segundo Gehl (2015) “existem conexões diretas entre as melhorias para as pessoas no espaço da cidade e as visões para obter cidades vivas, seguras, sustentáveis e saudáveis”. Na sustentabilidade urbana está implícita a qualidade ambiental de ruas, parques e espaços ao ar livre, a promoção de uma vida saudável (MAHDJOUBI; SPENCER, 2015) e de conforto físico e psicológico. Nesse sentido, Sattler (2007) menciona questões *sensoriais, espirituais e anímicas* da sustentabilidade, aproximando-a dos sentidos humanos e da psicologia. A parte sensorial é vinculada à visão, audição, olfato, tato e paladar; a espiritual à contemplação, tranquilidade; já a anímica, aos sentimentos em um contexto psicológico (SATTLER, 2007).
Através da Psicologia Ambiental sabe-se que o ambiente proporciona um conjunto de estímulos recebidos e respondidos pelo usuário de forma única e específica. As respostas podem ser: responsivas (físicas, percebidas por sentidos, relacionadas às questões sensoriais), operacionais (sociais, percebidas por comportamentos) e inferenciais (psicológicas, percebidas por sensações, ligadas às questões anímicas) (LAYNE, 2009). Dessa forma, busca-se aqui investigar o papel dos diferentes modos perceptivos nas escolhas espaciais dos grupos etários estudados.

1.2. Espaço público urbano e relações sociais intergeracionais

O dinamismo das relações usuário-ambiente encontra na adaptabilidade do espaço o suporte a diversos tipos de usos, atividades e público, tornando-se convidativo e adequado às relações da diferença, dentre elas, as intergeracionais. Diferentes gerações são estimuladas ao convívio em espaços que não se limitam a usos, mas que se abrem a potenciais (LAYNE, 2009).
Como óbice a estas relações, está a divisão de usos predeterminados por idade (THANG; KAPLAN,2013). Em parques e praças tradicionais, áreas de lazer ativo são comumente destinadas a um público específico e jovem. São multigeracionais, acomodando usos para diversas idades, mas com uma divisão espacial bem definida, consolidando a segregação ao invés de oportunizar trocas intergeracionais, necessárias para o fortalecimento do senso de comunidade. Neste sentido, deve-se buscar "integração etária" em vez de "segregação etária” urbana (MUMFORD,1956) pois podem haver tensões, principalmente entre jovens e idosos, intimidando certos usuários e fazendo com que evitem ambientes (HOLLAND et al, 2007). A acentuação das diferenças também camufla as semelhanças perceptivas entre as duas faixas etárias que vêm sendo discutidas por estudos internacionais (PEACE, 2005; LAYNE, 2009; THANG; KAPLAN, 2013) e que podem auxiliar a construção de ambientes inclusivos e acessíveis.
A conexão com a vida pública é uma forma de se manter socialmente ativo, entretanto, sabe-se da dificuldade de idosos em se apropriar dos espaços urbanos. Suas experiências cotidianas são caracterizadas por solidão, isolamento, problemas de mobilidade e medo de espaços públicos desconhecidos (O’ SULLIVAN; MULGAN; VASCONCELOS, 2010). Enquanto isso, jovens estão em transição entre infância e fase adulta, dificilmente se identificando com espaços projetados para estas faixas etárias, e são vulneráveis devido à criminalidade, drogas e mudanças na estrutura familiar (LAYNE,2009). Além disso, grupos jovens são tidos como potencial para crimes, gerando desconforto e insegurança (HOLLAND et al,2007). Se fatores físicos e psicológicos são decisivos para acessibilidade e esta influencia diretamente no modo com que o ambiente urbano é utilizado, julga-se que estes grupos tendem a ter mais dificuldade no uso da cidade.

2. OBJETIVO

O objetivo do estudo é detectar conflitos e influências na apropriação de um ambiente com usos divididos por idade, determinando o papel de fatores etários e psicológicos nas escolhas dos idosos e na forma como a mobilidade é experimentada. Os seguintes objetivos específicos delineiam o estudo: (i) elaborar um panorama geral da ocupação etária do espaço; (ii) realizar um estudo comparativo etário de percepções. A hipótese é que atividades predeterminadas podem não só intensificar o uso, como também inibir certos usuários, criando barreiras psicológicas.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Através de uma perspectiva ecológica, uma das bases da Psicologia Ambiental, o estudo de caso é empregado por ser um evento contemporâneo e sem controle comportamental (YIN, 2001). O objeto de estudo é o Parque Dom Antônio Zattera, em Pelotas, uma cidade do Rio Grande do Sul que tem características comuns as de cidades brasileiras de seu porte como: espaços públicos que não privilegiam lazer e convívio; deficiências na acessibilidade e na adaptação a usos contemporâneos, gerando subutilização e vandalismo (MONTELLI, 2008); e espaços divididos em atividades por faixa etária. O Parque Dom Antônio Zattera tem importânciafi a nível municipal devido às dimensões e à localização em uma das principais avenidas da cidade (Figura 1).

Figura 1. Parque Dom Antônio Zattera: atividades predeterminadas



O parque possui pista de skate, ponto de encontro jovem, e a proximidade com o lar de idosos lhe confere o potencial de lazer para a terceira idade.

Métodos quantitativos e qualitativos de coleta e análise são utilizados: pesquisa bibliográfica; documental; mapeamento comportamental, que por seu dinamismo auxilia o entendimento de fluxos e permanências; e questionários para a compreensão da percepção do usuário.

3.1 Sessões de Observação e Questionários

Mapas comportamentais permitem o registro de usuários (gênero e faixa etária) e atividades sem a interferência dos pesquisadores. Neste estudo, os mapas são centrados no ambiente, construindo padrões de comportamento por área. Onze sessões de observação ocorreram em dias de semana, sábados e domingos; durante a tarde (14h,15h,16h e 18h) e a manhã (10h).

Ao todo 118 questionários foram aplicados sem foco etário prévio. As questões eram fechadas (níveis de satisfação) e abertas (eleição de preferências e dificuldades). A análise das respostas

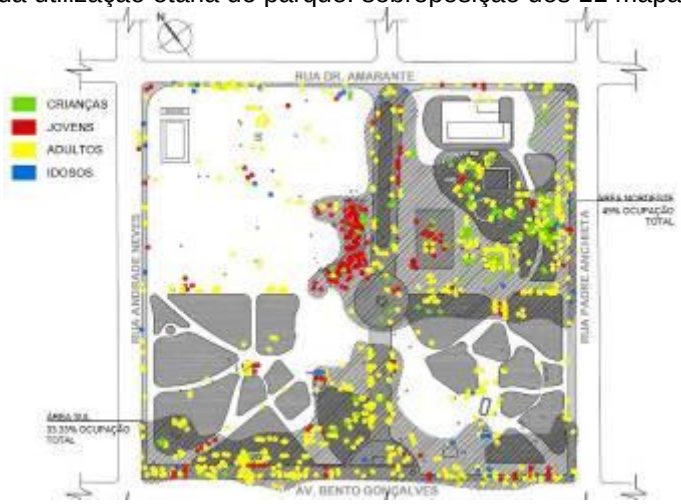
tem base na metodologia de Layne (2009), classificando-as conforme a centralidade (ambiente, pessoa ou comportamento) e o modo perceptivo (Responsivo, Operacional ou Inferencial).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Mapas Comportamentais

De um total de 1.167 pessoas observadas utilizando o parque, 65,89% (769) são adultas, 17,31% (202) jovens, 13,20% (154) crianças e apenas 3,60% (42) idosas (Figura 2).

Figura 2. Síntese da utilização etária do parque: sobreposição dos 11 mapas comportamentais



Quase 50% da ocupação do parque ocorre na área norte/nordeste, onde usos são definidos (playground, quadra e pista de skate). Porém, uma quantidade ínfima de idosos é vista ali. No *playground* a presença dos jovens é mais esparsa e ocorre, por vezes, de passagem. Ele é intensamente usado por crianças e adultos. A quadra separa *playground* e pista de skate, sua utilização é similar entre adultos, crianças e jovens e os bancos próximos normalmente estão ocupados. Adultos e crianças usam a pista de skate, especialmente nos períodos de menor uso jovem. Ao sul ocorre 1/3 da ocupação do parque, não há uma divisão de usos definida. A movimentação ocorre próxima à Av. Bento Gonçalves, ao ponto de ônibus, ao acesso principal do parque e aos monumentos que são locais de encontro. Idosos permanecem nos bancos dos canteiros a sudeste (Figura 3), sua preferência de fluxo é na volta do parque, a ocupação é esparsa, sem configuração de territorialidade. A mancha Sul/Sudeste identifica a tendência de ocupação, representando 1/3 do uso idoso, diferente do que ocorre com os jovens (Figura 4).

Figuras 3 e 4. Síntese do uso por jovens (3) e idosos (4): sobreposição dos 11 mapas comportamentais



A mancha no Norte/Nordeste identifica a tendência de ocupação jovem, representando mais de 57% desse público, que ocorre principalmente devido ao número de skatistas simultâneos na pista, apontando o pico de uso no domingo às 16hs (20 jovens). Jovens utilizam mais os caminhos internos do que idosos e demonstram forte territorialidade (PEACE, 2005), preferindo locais com menor número de pessoas de outras idades. Já os idosos evitam áreas movimentadas, especialmente as mais usadas por jovens e crianças mais velhas (HOLLAND et al, 2007).

4.2 Questionários

Do total de respondentes, 65,20% (77) são adultos, 17,80% (21) adultos mais velhos, 15,30% (18) jovens e 1,70% (2) crianças. Atividades de socialização aparecem como os principais motivos que levam jovens e idosos ao parque, enquanto adultos acompanham crianças (Tabela 1).

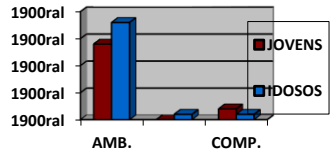
Tabela 1. Motivos que levam ao uso do parque por faixa etária

Grupo Etário	Trazer Criança	Skate	Conversar c/Amigos	Atividades Funcionais	Outros Esportes	Atividades solitárias	Outros/ não especificou	Total Válido
Jovens (16-20)	1 (5.55%)	6 (33.33%)	**10 (55.55%)**	0	1 (5.55%)	0	0	18
Adultos (21-50)	**35 (45.45%)**	0	16 (20.80%)	8 (10.38%)	5 (6.49%)	4 (5.19%)	9 (11.69%)	77
Adultos + 50	2 (9.52%)	0	**13 (61.90%)**	0		3 (14.28%)	3 (14.28%)	21

A pista de skate é asegunda motivação para jovens. Destaque para a ausência de atividades funcionais e solitárias entre eles. As últimas são mais frequentes entre idosos.

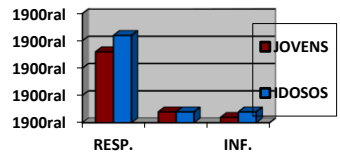
A maioria dos respondentes tem percepção positiva do parque. Ele é “agradável/muito agradável” para jovens (13; 72.22%) e idosos (18; 85.71%); e “confortável/muito confortável” para jovens (9; 52.94%) e idosos (14; 66.66%). Jovens (10; 58.82%) e idosos (12; 57,14%) o consideram “pouco seguro/inseguro”. Há também uma divisão similar de opiniões dentro dos grupos.
Quando questionados sobre o que mais ajuda a caminhada, respondentes de todas as idades elegeram “natureza” e “pavimentação” (18.75% cada) (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Palavras-chave incluídas na categorização da centralidade das respostas de jovens e idosos.



	JOVENS	IDOSOS		JOVENS	IDOSOS
AMBIENTE	**14 (87,5%)**	**18 (90%)**	**PESSOA**	**0 (0%)**	**1 (5%)**
Natureza	5 (31,25%)	5 (25%)	Movimento		1 (5%)
Pavimentação	4 (25%)	4 (20%)	**COMPORTAMENTO**	**2 (12,5%)**	**1 (5%)**
Guarda Municipal	2 (12,5%)		Bancos		1 (5%)
Lugar grande	1 (6,25%)	5 (25%)			
Ambiente	1 (6,25%)				
Ar Puro	1 (6,25%)	1 (5%)			
Tranquilidade		2 (10%)			
Parque de Animais		1 (5%)			

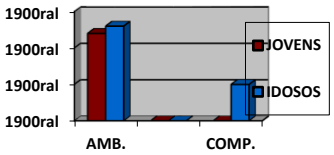
Tabela 3. Palavras-chave incluídas na categorização do modo perceptivo das respostas de jovens e idosos.



	JOVENS	IDOSOS		JOVENS	IDOSOS
RESPONSIVA	**13 (81,25%)**	**16 (80%)**	**OPERACIONAL**	**2 (12,5%)**	**2 (10%)**
Natureza	5 (31,25%)	5 (25%)	Pista de Skate	2 (12,5%)	
Pavimentação	4 (25%)	4 (20%)	Parque de Animais		1 (5%)
Guarda Municipal	2 (12,5%)		Bancos		1 (5%)
Lugar grande	1 (6,25%)	5 (25%)	**INFERENCIAL**	**1 (6,25%)**	**2 (10%)**
Ar Puro	1 (6,25%)	1 (5%)	Ambiente	1 (6,25%)	
Movimento		1 (5%)	Tranquilidade		2 (10%)

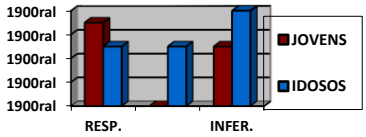
Há uma similitude no modo perceptivo dos grupos sobre o que ajuda caminhar no parque. Além disso, alguns elementos são mencionados com frequência por ambos, corroborando o entendimento de que seus ambientes ideais têm semelhanças importantes.
Nas Tabelas 4 e 5 têm-se os elementos que mais atrapalham a caminhada, por grupo etário.

Tabela 4. Palavras-chave incluídas na categorização da centralidade das respostas de jovens e idosos.



	JOVENS	IDOSOS		JOVENS	IDOSOS
AMBIENTE	**12(100%)**	**13 (72,2%)**	**PESSOA**	**0 (0%)**	**0 (0%)**
Gosta de tudo	4 (33,33%)	7 (38,88%)	**COMPORTAMENTO**	**0 (0%)**	**5 (27,8%)**
Falta Iluminação	4 (33,33%)		Raízes + Trânsito de bicicletas		2 (11,12%)
Falta de Caminhos/ de Pavimentação	2 (16,66%)	3 (16,66%)	Trânsito de Bicicleta + Skate		2 (11,12%)
Insegurança	1 (8,33%)	1 (5,55%)	Drogas		1 (5,55%)
Cheiro de Comida	1 (8,33%)	2 (11,11%)			

Tabela 3. Palavras-chave incluídas na categorização do modo perceptivo das respostas de jovens e idosos.



	JOVENS	IDOSOS		JOVENS	IDOSOS
RESPONSIVA	**7 (58, 33 %)**	**5 (27,78%)**	**OPERACIONAL**	**0 (0%)**	**5(27,78%)**
Falta de Iluminação	4 (33,33%)		Raízes + Trânsito de bicicletas		2(11,11%)
Falta de Caminhos/ de Pavimentação	2 (16.66%)	3 (16,66%)	Trânsito de bicicletas/ skate		2(11,11%)
Cheiro de Comida	1 (8,33%)	2 (11,11%)	Drogas		1 (5,55%)
			INFERENCIAL	**5 (41,67%)**	**8(44,44%)**
			Gosta de Tudo	4 (33,33%)	7(38,88%)
			Insegurança	1 (8,33%)	1 (5,55%)

Enquanto jovens se detiveram exclusivamente no ambiente, idosos mostraram preocupação com certos tipos de comportamento que normalmente estão relacionados aos adolescentes.

Mais de 30% dos respondentes não tem interesse na quadra esportiva. Nenhum dos idosos a utilizou e na justificativa pelo não uso, ao contrário dos jovens, não levaram em consideração fatores físicos ambientais, suas respostas refletiam interesses e costumes. São centradas na pessoa (94%) e no comportamento (6%), nos modos perceptivos operacional (88%) e inferencial (12%). Além disso, idosos são o único grupo a não sentir que tem idade compatível com o uso.

5. CONCLUSÃO

A socialização aparece como o principal objetivo de jovens e idosos neste ambiente. Similitudes perceptivas sobre o espaço podem indicar que ele seria importante para a coexistência dos grupos. Entretanto, a baixa presença de idosos, sua preferência pelo deslocamento externo ao parque e a ocupação massiva dos jovens dá indícios de uma identificação etária predominante. Outrossim, há um certo nível de conflito etário entre jovens e idosos, resultando na interferência indireta de fluxos internos, alterando a mobilidade espacial e estimulando a segregação etária. Idosos, ao contrário dos jovens, demonstram pouca mobilidade entre áreas de atividades específicas e com maior concentração de pessoas, diminuindo a possibilidade de encontros entre os dois grupos. Aspectos psicológicos interferem mais em suas respostas, especialmente no modo impeditivo. São o único grupo etário a mencionar comportamentos relacionados à idade como barreiras ao deslocamento. A prática de skate e o uso de drogas aparecem como limitadores da caminhada dos mais velhos. A literatura os associa ao vandalismo jovem, razão de insegurança de idosos (HOLLAND et al, 2007). Idosos também são limitados pela própria idade ao optar por não usar a quadra esportiva. Dessa forma infere-se que a delimitação de atividades por idade pode estar influenciando fatores psicológicos responsáveis por escolhas espaciais na mobillidade. Há indícios que sustentam a hipótese de que atividades predeterminadas não só podem intensificar o uso como inibir certos usuários através da criação de barreiras psicológicas.

A diminuição das oportunidades de convivência intergeracional fortalecem estereótipos que levam ao ageísmo. A simples atitude de evitar espaços por sua identidade etária pode privar os usuários de encontros casuais diários e de um contato que favorece a sustentabilidade das comunidades. Conhecendo as relações o ambiente e usuários, planejadores podem contribuir para melhorar a qualidade de vida através de projetos que consideram suas preferências. A sustentabilidade das comunidades não deve atentar só à redução de impactos e a racionalizar o uso de recursos naturais, mas também promover desenvolvimento comunitário, senso de lugar, e mobilidade entre espaços públicos urbanos. Isso implica em estimular sensações que motivem a satisfação dos moradores, atendendo ao conforto ambiental e psicológico e favorecendo a acessibilidade.

Como limitação do estudo aponta-se a própria baixa frequência de uso do parque pelos idosos. A pouca quantidade de adultos mais velhos observados torna necessário um aprofundamento. A ampliação da amostra tornaria os resultados sobre sua dinâmica mais conclusivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARKER, R.. G. Ecological psychology: Concepts and methods for studying the environment of human behavior. Stanford: Stanford University Press, 1968. 246 p.

CARMONA, M.; MAGALHÃES, C. de; HAMMOND, L.. Public Space: The Management Dimension**.** London and NYC: Routledge, 2008. 240 p.

GEHL, J.. Cidades para pessoas. MARCO, A. Di (trad.). São Paulo: Perspectiva, 2015. 262 p.

GIBSON, J. J. The ecological approach to visual perception. NY: Psychology Press, 1986. 332 p.

GIFFORD,R.Environmental psychology:Principles and practice.Colville:Optimal Books,2007.599 p.

HOLLAND, C.; CLARK, A.; KATZ, J.; PEACE, S.. Social interactions in urban public places. The Policy Press: Bristol, 2007. 88 p.

LAYNE, M. R. Supporting intergenerational interaction: Affordance of urban public space. Raleigh, 684 p., 2009. Dissertation (Doctorate Degree). North Carolina State University.

LYNCH, K.. A imagem da cidade.AFONSO, M. C. T. (trad.). Lisboa:Edições 70, 2005.193 p.

MAHDJOUBI, L.; SPENCER, B.. Healthy play for all ages in public open spaces. In: BARTON, H.; THOMPSON, S.; BURGESS, S.; GRANT, M. (eds). The Routledge handbook of planning for health and well-being. London, New York: Routledge, p. 136-149, 2015.

MATSUDO,S.;MATSUDO,V.;NETO,T.. Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. Rev. Bras. Ciên. e Mov. V.8, n.4, p. 21-32, 2000.

MONTELLI, C. C. C.. Avaliação estética e uso de três praças em Pelotas RS. Porto Alegre, 145 p., 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MUMFORD, L..For older people: Not segregation but integration. Architectural Record,1956.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. A ONU e o meio ambiente. Disponível em: < https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/ >. Acesso em 21 dez. 2016.

O' SULLIVAN, C.; MULGAN, G.; VASCONCELOS, D. Innovating better ways of living in later life - Context, Examples and Opportunities. London: The Young Foundation, 2010. 39 p.

PEACE, S.. Intergenerational use of public places. The Open University Urban Design London. Disponível em: <http://www.urbannous.org.uk/Public-Space-Professor-Sheila-Peace.htm> 2005.

PEREIRA, S. R.. Percursos urbanos: mobilidade espacial, acessibilidade e o direito à cidade. Presidente Prudente, 323 p., 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista.

SACHS, I.. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. STROH, Paula Y. (org.). Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 95 p.

SATTLER, M. Habitações de baixo custo mais sustentáveis:a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis.Porto Alegre: ANTAC, V. 8. 488 p., 2007.

SHAFTOE, H. Convivial urban spaces-Creating Effective Public Places.Trowbridge: Cromwell Press, 2008. 154 p.

THANG, L. L.; KAPLAN, M. S. Intergenerational pathways for building relational spaces and places. In ROWLES, G. D.; BERNARD, M. (eds). Environmental Gerontology: Making Meaningful Places in Old Age. New York: Springer Publishing Company, p. 225-251, 2013.

UNITED NATIONS, Population Division. World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241. New York, 2015.

WHO. Active Ageing: A Police Framework. A Contribution of the World Health Organization to the second United Nations World Assembly on Aging. Madrid, 2002.

WHO. Global age-friendly cities:a guide. Switzerland: WHO Press, 2007.

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e métodos. GRASSI, D. (trad.). Porto Alegre: Bookman, 2001. 205 p.

EURO ELECS 2017

URBANISMO SUSTENTÁVEL: BAIRROS, CIDADES E MUNICIPALIDADES

REALIZAÇÃO: UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

PROMOÇÃO: antac

APOIO / PATROCÍNIO: CAPES, CNPq, FAPERGS, CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul INTEGRANDO PROFISSIONAIS E SOCIEDADE

SUMÁRIO

19. URBANISMO SUSTENTÁVEL E PATRIMÔNIO CULTURAL 1955

42. ESTUDO MULTICRITERIAL DA FORMA URBANA EM ÁREA DE ADENSAMENTO URBANO, EM SÃO PAULO 1965

61. PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO CONTEMPORÂNEO BRASILEIRO, AGENTES E SEGREGAÇÃO: UMA REFLEXÃO TEÓRICA A PARTIR DA PERSPECTIVA DA (IN)SUSTENTABILIDADE 1977

79. THE CRISIS OF CITIES AS A CRISIS OF URBAN LIFE AND PUBLIC SPACE 1987

89. ENSAIOS URBANOS PARA O ENTORNO DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS “MINHA CASA MINHA VIDA” NO MUNICÍPIO DA SERRA..... 1997

91. OCUPAÇÃO URBANA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE: O CASO DO MANGUEZAL DA CIDADE DE VITÓRIA-ES..... 2009

95. QUALIDADE DAS VISTAS A PARTIR DE EDIFÍCIOS ALTOS..... 2021

97. URBANISMO SUSTENTÁVEL: REQUALIFICAÇÃO DO ASSENTAMENTO PRECÁRIO DO VALE DOS GUEDES..... 2031

108. ESTRATÉGIAS REGENERATIVAS PARA BAIRROS DE PEQUENOS MUNICÍPIOS: ESTUDO DE CASO EM FELIZ/RS..... 2041

114. A INFRAESTRUTURA VERDE COMO RECURSO PARA COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM URBANA CONTEMPORÂNEA..... 2051

140. ARQUITETURA E URBANISMO FRENTE AOS DESAFIOS DO SÉCULO XXI: UM ESTUDO SOBRE TEORIAS E PRÁTICAS VOLTADAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM HABITAT HUMANO MAIS IGUALITÁRIO E SUSTENTÁVEL 2061

176. A TRANFORMAÇÃO URBANA DE BOGOTÁ: ANÁLISE DE PROCESSOS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA..... 2071

188 A BORDA URBANA SUSTENTÁVEL: UM OLHAR ATRAVÉS DAS CARTAS PATRIMONIAIS 2083

286. CIDADES SUSTENTÁVEIS: O BAIRRO DA ILHA PURA NA RIO 2016™ 2093

311. RETENÇÃO E QUALIDADE DO VOLUME DE ESCOAMENTO DAS COBERTURAS VERDES: VARIAÇÕES DE DESEMPENHO..... 2103

328. URBANISMO EMERGENTE DO GRUPO PERIFÉRICO DA FAU/UNB: UMA ANÁLISE DAS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE URBANA: SOCIAL, AMBIENTAL, CULTURAL E ECONÔMICA DE ALGUNS PROJETOS DE ESPAÇOS PÚBLICOS 2115

356. DOS ESPAÇOS DIFUSOS AOS ESPAÇOS COMPACTOS: UMA ANÁLISE DA EXPANSÃO E DINÂMICA OCUPACIONAL DO ESPAÇO URBANO DO CONJUNTO HABITACIONAL DIRCEU ARCOVERDE NA CIDADE DE TERESINA-PI 2125

424. ESTRATÉGIAS DE DESENHO URBANO SENSÍVEL À ÁGUA PARA MORADIA POPULAR: UMA PROPOSTA PARA A OCUPAÇÃO SOLANO TRINDADE - DUQUE DE CAXIAS - RJ.... 2135

490. INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA POLUIÇÃO LUMINOSA DA ÁREA CENTRAL DE PORTO ALEGRE..... 2145

19. URBANISMO SUSTENTÁVEL E PATRIMÔNIO CULTURAL

ZENATO, Caroline[1](carolinezenato@gmail.com); MEIRA, Ana Lúcia Goelzer*[1] *(gmeira@unisinos.br)*
[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
A cidade é palco de transformações ao longo do tempo, configurando ambientes urbanos que se tornam parte da memória coletiva da população, seja pela sua materialidade ou pelas práticas imateriais que ali ocorrem. A evolução urbana equilibrada depende de um planejamento urbano sustentável que também agregue esses aspectos culturais, buscando estratégias de desenvolvimento capazes de respeitar as referências urbanas enquanto partes constitutivas da dimensão histórico-social. Porém, nota-se que diversas certificações voltadas a bairros sustentáveis aparecem no mercado com o intuito de aferir a qualidade do meio ambiente urbano sem, no entanto, relacionar o tema da memória e do patrimônio urbano. Considerando que as questões culturais integram a sustentabilidade, este artigo tem por objetivo verificar de que forma o patrimônio cultural vem sendo abordado no processo de certificação ambiental de bairros urbanos consolidados. Foi realizada uma análise comparativa entre duas ferramentas de certificação da qualidade ambiental do espaço urbano - o selo americano LEED Neighborhood Development e o selo brasileiro AQUA – HQE Bairros e Loteamentos, tendo como produto uma tabela síntese que quantifica e relaciona os indicadores de desenvolvimento sustentável de cada certificação. Os resultados estimam que as referências culturais são mencionadas sinteticamente em ambos os instrumentos quando comparada à predominância dos fatores ambientais. Portanto, embora sejam atributos essenciais à sustentabilidade apresentam, ainda, pouca compreensão quanto à sua relevância para a manutenção das identidades locais para as futuras gerações.
Palavras-chave: Urbanismo; Sustentabilidade; Patrimônio cultural; Certificação ambiental

SUSTAINABLE URBANISM AND CULTURAL HERITAGE

ABSTRACT
The city is the background of transformations over time, setting up urban environments that become part of population´s collective memory, either by its materiality or by the immaterial practices that occur there. Balanced urban evolution depends on a sustainable urban planning that also aggregates these cultural aspects, seeking strategies of development capable of respecting urban references as constitutive parts of the historical-social dimension. However, it is noted that several certifications aimed at sustainable neighborhoods appear in the market with the purpose of measuring urban environment's quality without, nevertheless, relating the theme of memory and urban patrimony. Considering that cultural issues integrate sustainability, this article aims to verify how the cultural heritage is being approached in the process of environmental certification of consolidated urban districts. It was made a comparative analysis between two tools of certification of the environmental quality of urban space – the American seal LEED Neighborhood Development and the Brazilian seal AQUA – HQE Bairros e Loteamentos, having as product a synthesis table that quantifies and relates the sustainable development indicators of each certification. The results estimate that the culture references are mentioned synthetically in both instruments, when compared to the predominance of the environmental factors. Therefore, although they are essential attributes

to sustainability, they still have little understanding of their relevance to the maintenance of local identities for future generations.
Keywords: Urbanism; Sustainability; Cultural heritage; Environmental certification

1. INTRODUÇÃO

O rápido processo de urbanização pelo qual as cidades passam desde a Revolução Industrial é responsável por significativas alterações no cenário urbano, modificando inclusive o modo de vivenciá-lo. Problemas sociais, descaso com os recursos naturais, consumo exacerbado de energia, poluição e crescimento econômico fundamentado na competitividade e no enriquecimento a qualquer custo são algumas das problemáticas a serem enfrentadas pelos atuais gestores dos municípios. Nesse contexto cada vez mais marcado por danos à vitalidade urbana, os conceitos de sustentabilidade têm ganhado importância na pauta das comunidades mundiais. Busca-se um planeta socialmente justo, economicamente equilibrado e atento às questões ambientais (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2001).

Entendendo o ambiente urbano como uma evolução contínua no tempo, é de fundamental importância o incentivo a um desenvolvimento sustentável atento não só aos aspectos relativos ao meio ambiente e à economia, como também à própria dimensão cultural das comunidades que habitam ou transitam nesse ambiente. As dimensões materiais e imateriais do patrimônio cultural urbano possuem um forte vínculo com o campo psicológico, uma vez que as permanências urbanas são capazes de estabelecer pontes com o passado, reconhecendo valores, modos de vida e identidade de cada grupo social que podem ajudar a construir o futuro. O patrimônio cultural, seja por seus bens materiais ou imateriais, ajuda a construir a memória de uma cidade, produzindo locais distintos para cada contexto local (LOWENTHAL, 1998). Portanto, enquanto legado a ser herdado pelas próximas gerações, deve também ser passível de inserção junto aos indicadores das certificações sustentáveis que aferem qualidade aos bairros e comunidades. Particularmente, no caso das reflexões aqui expostas, a ênfase será desenvolvida em relação ao patrimônio cultural arquitetônico.

Diante do panorama exposto rapidamente, coloca-se a seguinte pergunta: qual a importância conferida às questões relativas à preservação do patrimônio cultural arquitetônico nas ferramentas de certificação ambiental? Considera-se a hipótese de que o mesmo é abordado de maneira superficial quando comparado aos aspectos ambientais, sociais e econômicos, sem apresentar um conjunto de diretrizes específicas que zelem pela sua futura continuidade. Assim, ressalta-se que este artigo tem como objetivo verificar o modo como a preservação do patrimônio cultural arquitetônico vem sendo discutida no processo de certificação de bairros sustentáveis em certificações reconhecidas no Brasil e nos Estados Unidos. Essa pesquisa é atual e relevante, pois considera aspectos socioculturais, ambientais e econômicos de maneira relacionada entre si. Ressalta a viabilidade da adaptação das áreas de interesse cultural a usos contemporâneos, possibilitando não apenas a manutenção de elementos considerados símbolos das memórias e das identidades locais, como também estimulando a necessidade da reabilitação do patrimônio arquitetônico para novos usos, incrementando a diversidade urbana e reduzindo o impacto ambiental causado pelas demolições ou pelos gastos de energia e recursos naturais em novas edificações. Além disso, sua valorização pode vir a fomentar novas atividades econômicas relacionadas ao turismo, modificando a economia e a sociedade pela geração de emprego e renda (LOWENTHAL, 1998).

1.1 SUSTENTABILIDADE E AS ÁREAS DE INTERESSE CULTURAL

Ao longo do tempo, a temática da sustentabilidade tem despontado como alternativa para o modelo de desenvolvimento atual. As problemáticas sociais, ambientais e ecológicas, frente ao modelo vigente de desenvolvimento econômico, alertaram representantes de vários países sobre os impactos e desequilíbrios daí decorrentes (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2001). A partir da metade do século XX, diversas publicações, debates e conferências mundiais se preocuparam em discutir a preservação do meio-ambiente, o crescimento econômico e populacional e as desigualdades sociais. Entrou em pauta o conceito de "sustentabilidade", entendido pela associação entre as questões de cunho ambiental, econômico e social, constituindo um tripé essencial à sobrevivência das comunidades (SACHS, 2002). Todavia, posto que a construção do pensamento sustentável está em constante evolução, recentemente alguns autores optaram pela expansão da conceituação, a fim de incluir novas dimensões ao antigo tripé. Sachs (2002) entendeu a sustentabilidade como o conjunto das dimensões social, econômica, ambiental, ecológica, territorial, cultural e de política nacional e internacional.

A inserção da cultura enquanto componente do desenvolvimento sustentável faz um alerta para a importância e a possibilidade de perdas irreversíveis do patrimônio cultural. De acordo com a Declaração Universal sobre a Diversidade Cultural (2002), a UNESCO - Organização das Nações Unidas para Desenvolvimento, Ciência e Cultura - passou a defender a relevância do patrimônio cultural em cada comunidade, reafirmando que ele é constituído pelos bens culturais materiais e imateriais, exemplares distintos de reconhecimento de cada sociedade, valores, crenças e vivências passadas. A diversidade cultural, enquanto um conjunto de elementos originais que compõem a identidade dos diferentes povos ao redor do mundo, é dinâmica e capaz de se transformar com o passar do tempo, em contato com outras influências. Sua existência é indissociável da humanidade. Trata-se de um direito humano universal que deve ser preservado para as futuras gerações enquanto testemunho de cada momento da história.

Registros que justificam o momento presente, as áreas de interesse cultural são capazes de reportar imagens únicas dos lugares urbanos, revelando suas particularidades e estabelecendo uma intensa relação com a população, sendo associadas à qualidade de vida. Esse vínculo estabelecido entre comunidade e patrimônio edificado é facilitado devido às permanências urbanas, que se destacam na paisagem, facilitando a orientação, atributo que Kevin Lynch denominou de legibilidade (LYNCH, 2011). Do mesmo modo, a identidade de cada edificação, somada à fácil leitura e orientação fortalece a imaginabilidade, isto é, a capacidade de um lugar produzir imagens fortes, que compõem a memória coletiva, segundo Lynch (2011). A relação psicológica com o patrimônio arquitetônico também pode ser explicada pelo apego ao passado enquanto meio de validação do momento presente.

Futuro e passado são tempos pensados como inacessíveis aos seres humanos, todavia o ontem carrega consigo uma quase certeza dos fatos, ao passo que o amanhã é ainda sinônimo de incertezas. É essa desconfiança que estimula o apreço pelo nostálgico. Uma vez que o passado pode ser reconhecido e visitado, consegue explicar determinados acontecimentos, além de reconfortar as pessoas diante das variadas mudanças pelas quais a cidade contemporânea atravessa (LOWENTHAL, 1998). Contudo, a nostalgia se opõe à vitalidade e à incessante construção das cidades. Alimenta um desejo de imutabilidade, razão pela qual se deve combatê-la. As referências urbanas que devem ser ressaltadas são aquelas que buscam participar da construção do futuro e não as que se apegam ao passado como alegoria.

Entender o significado e a importância da cultura para cada sociedade e trabalhar essa dimensão nas políticas de planejamento urbano sustentável requer sensibilidade e diálogo aberto com a sociedade, visto que cada geração determina o legado a ser deixado para o futuro, escolhendo o

que quer proteger, valorizar e eliminar (LOWENTHAL, 1998). Segundo Lynch (1972, p. 103), " O mundo experimenta uma reciclagem contínua". A cidade evolui, necessitando adaptar-se aos novos paradigmas. Assim, prever a continuidade do patrimônio cultural arquitetônico na história das próximas gerações não implica congelar a cidade no tempo, mas sim removê-la da estagnação. Mais importante do que restrições impostas por leis de tombamentos, para Lowenthal (1998), é a reutilização das permanências a partir de novos usos, o que garante sua preservação na estrutura das cidades. Rossi (2001, p.57) defende que, independentemente ou não da conservação das funções originais, a forma dos fatos urbanos é o que constrói a sua imagem frente à coletividade. Nas palavras do autor, "Pensar um fato urbano qualquer como algo definido no tempo constitui uma das mais graves abordagens que se pode fazer [...] ".
Inserir o passado na contemporaneidade é também permitir conectá-lo ao tecido urbano do presente e às suas novas necessidades. Esse pensamento deve ser entendido e aplicado não apenas às edificações com caráter excepcional e de reconhecimento mundial, mas também aos testemunhos menores, correspondentes à cultura de determinadas regiões ou lugares (LOWENTHAL, 1998). Jacobs (2011) entende que a reunião de edificações de diferentes períodos em um mesmo espaço urbano é um dos principais elementos para atrair vitalidade e diversidade na escala dos bairros. Atuar no seu fortalecimento é uma maneira de não apenas apreciar o passado, como também auxiliar na melhoria da qualidade da ambiência urbana, valorizando as particularidades de cada lugar.

1.2 URBANISMO SUSTENTÁVEL E CERTIFICAÇÕES

O conceito do urbanismo sustentável desponta como uma alternativa para a crise urbana a partir de um planejamento urbano vinculado à escala das cidades. Ao observar o meio urbano, é comum identificar conflitos que ameaçam a sua vitalidade, bem como a qualidade de vida de seus habitantes. Tornar os bairros mais saudáveis e coletivos, caminháveis, densos, integrando pessoas, vegetação, transporte público e o patrimônio cultural são algumas das premissas essenciais de um novo modelo de planejamento de vizinhanças (FARR, 2013).
Jacobs (2011), Farr (2013) e Gehl (2015) são alguns autores que defendem esse pensamento. Afirmam a necessidade das cidades se tornarem mais humanas e vinculadas aos anseios das pessoas. Para Farr (2013), as comunidades sustentáveis são aquelas que valorizam o pedestre, procuram reduzir a segregação social e relacionam tipologias arquitetônicas diversas em um mesmo entorno para atrair diversidade. Para ele, propiciar vivências urbanas em contato com a natureza, seja pela arborização ou por meio de parques e praças, também faz parte da tentativa de aumentar a sensação de bem-estar e de sintonizar os seres humanos e os demais seres vivos dentro da cidade. Seguindo esta linha da percepção, Gehl (2015) defende intervenções urbanas a partir das necessidades humanas, de modo a propiciar sensações positivas relacionadas principalmente à segurança, bem como pela valorização de transportes alternativos como a bicicleta. Jacobs (2011) ressalta os bairros densos e compactos, que possibilitam diferentes trajetos e uma variedade de atividade e empreendimentos, decorrentes de edificações antigas integradas a outras mais recentes.
Naturalmente, a aplicação dos princípios de um urbanismo sustentável despertou o interesse de pesquisadores que objetivavam mensurar a qualidade ambiental de espaços urbanos. Várias certificações ambientais despontaram em vários países, a fim de tentar quantificar, inicialmente, a sustentabilidade das edificações isoladas para, em seguida, serem ampliadas a comunidades. BREEAM, LEED, CASBEE, EarthCraft, Green Star e SBTool são algumas das ferramentas de avaliação da sustentabilidade utilizadas internacionalmente (CASTANHEIRA, 2013). No Brasil, o selo AQUA – HQE corresponde à certificação criada para desenvolver edifícios e bairros

sustentáveis (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015). Perante o amplo panorama de certificações existentes, coube à presente pesquisa uma abordagem preliminar daquelas a serem analisadas: o selo americano LEED Neighborhood Development e o selo nacional AQUA – HQE Bairros e Loteamentos.

O sistema LEED - Leadership in Energy and Environmnetal Design – é uma ferramenta de avaliação ambiental desenvolvida pela USGBC - U.S. Green Building Council - com padrão de certificação internacional, sendo reconhecido em todo o mundo. Funciona por meio de um sistema de pontuação organizado por pré-requisitos de atendimento obrigatório, junto a uma listagem de indicadores com seus devidos créditos, cujo somatório pode atingir selos de nível básico, prata, ouro ou platina. O LEED atua em diferentes etapas: projeto, construção, operação e manutenção (USGBC, 2016). Foi desenvolvido para classificar edificações novas ou existentes, sendo também aplicado ao espaço urbano por meio do LEED-ND - LEED Neighborhood Development. Essa dimensão da ferramenta trata de questões relacionadas ao urbanismo sustentável em bairros ou vizinhanças, abrangendo o sistema de vias, as edificações, as áreas verdes, os espaços públicos, a mobilidade urbana e a mescla de usos e tipologias (GBC BRASIL, 2014).

Por outro lado, a certificação AQUA – HQE é um sistema de avaliação ambiental internacional adaptado à realidade brasileira, tomando como referência a certificação francesa *Démarche HQE - Haute Qualité Environnementale. S*eu quadro de indicadores leva em consideração as características do clima, da cultura, as normas técnicas e a legislação brasileira, sendo a Fundação Vanzolini a credenciada para aplicá-la no país. O processo de avaliação da qualidade ambiental é desenvolvido para edificações, bem como bairros e loteamentos, atuando em todo o processo de gestão do empreendimento, do pré-projeto da construção ou renovação até a operação e uso. Essa certificação avalia empreendimentos por meio de categorias que devem ser enquadradas nos níveis base, boas práticas ou melhores práticas (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015). O selo AQUA – HQE Bairros e Loteamentos é um processo de certificação que tem como base as normas ISO 9.001 e ISO 14.001 e busca aferir o desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos, sejam eles grandes ou pequenos, públicos ou privados, urbanos ou rurais, de renovação ou expansão considerando, principalmente, as dimensões social, econômica e ambiental (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2011a).

2. OBJETIVO

Esta pesquisa teve como objetivo averiguar de que modo são abordadas as questões relacionadas ao patrimônio cultural pelas certificações LEED Neighborhood Development – LEED-ND e AQUA – HQE Bairros e Loteamentos, a fim de compreender o nível de detalhamento e a importância conferida às identidades e às memórias das comunidades locais.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito da inserção da dimensão cultural no conceito de sustentabilidade, defendida pela Declaração Universal sobre a Diversidade Cultural (2002), assim como por Sachs (2002). Também foram pesquisadas referências teóricas sobre o tema da preservação do patrimônio cultural em Lynch (1972), Lowenthal (1998) e Rossi (2001) a fim de relacionar a importância do patrimônio cultural arquitetônico para cada sociedade, enquanto notável elemento constituinte das identidades e das memórias locais. Contextualizou-se o conceito de urbanismo sustentável a partir de Jacobs (2011), Farr (2013) e Gehl (2015), os quais propõem cidades mais enriquecedoras e diversificadas, pautadas pela escala humana, pela densidade e

compacidade. Após este suporte teórico, foram analisados os indicadores que compõem o selo LEED-ND, bem como aqueles relacionados à certificação AQUA – HQE Bairros e Loteamentos, relacionando-os às dimensões ambiental, social, econômica e institucional da sustentabilidade, propostas pela publicação "Indicadores de Desenvolvimento Sustentável" do IBGE (2015). A estas, soma-se também a dimensão cultural, assegurada pelo documento "Sistema de Informações e Indicadores Culturais" do IBGE (2013) e a dimensão urbana, embasada por parâmetros levantados pelos autores mencionados no aporte teórico deste estudo. A partir desses documentos, os grupos de indicadores foram assim identificados:

(i) dimensão ambiental - abrange tópicos voltados à proteção da atmosfera, terra, água, biodiversidade e saneamento;
(ii) dimensão social - apresenta características relacionadas à população, trabalho, renda, saúde, educação, habitação e segurança;
(iii) dimensão econômica - mensura questões referentes ao produto interno bruto, taxa de investimento, endividamento, balança comercial, intensidade energética, consumo de energia, fontes renováveis na oferta de energia, consumo mineral, vida útil de reservas de petróleo e gás, reciclagem e rejeitos radioativos;
(iv) dimensão institucional - envolve acordos globais e municipais, conselhos e comitês relacionados ao meio ambiente; legislação ambiental, organizações da sociedade civil, gastos com pesquisa e desenvolvimento, fundo municipal de meio ambiente, Agenda 21 local e acesso à internet e telefonia;
(v) dimensão cultural – relaciona-se à oferta de bens e serviços ligados à cultura, salário pago aos profissionais deste segmento, gastos públicos com cultura, gastos da família brasileira em produtos e serviços relacionados à cultura e perfil social e econômico dos trabalhadores envolvidos em atividades culturais.
(vi) dimensão urbana – aborda parâmetros relacionados à configuração urbana como a análise do sistema viário, da arborização e da iluminação pública, a valorização de áreas verdes e dos espaços públicos, o estudo de permeabilidade dos pavimentos térreos e o incentivo à mescla de usos, à densidade e à acessibilidade e mobilidade urbana.

A partir da construção dos grupos de indicadores é possível notar que, para o IBGE (2013), a dimensão cultural preocupa-se apenas com tópicos vinculados à economia da cultura, sem mencionar indicadores relacionados ao patrimônio cultural. Para a viabilidade dessa pesquisa, considerou-se de fundamental importância incluir na dimensão cultural os aspectos referentes à sustentabilidade dos bens patrimoniais, sejam eles materiais e imateriais.
Após a classificação de indicadores por categoria, em cada certificação, foi realizado um estudo comparativo entre ambas, de modo a verificar a incidência de indicadores encontrados para cada dimensão sustentável dos selos de qualidade urbana, atentando, especificamente, para os aspectos relacionados ao patrimônio cultural arquitetônico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa a respeito da certificação LEED-ND revelou a existência de quarenta e nove indicadores de sustentabilidade, distribuídos nas seguintes categorias: localização inteligente e conexões, modelo e desenho de vizinhanças, infraestrutura verde e edificações, inovação e créditos regionais. Para efeitos desta pesquisa, optou-se por eliminar itens repetidos entre pré-requisitos e créditos, bem como a categoria de créditos regionais, visto que os mesmos repetem indicadores já

especificados, atuando apenas em nível de pontuação. A Tabela 1 sintetiza os indicadores encontrados por segmento, relacionando-os às dimensões de sustentabilidade

Tabela 1. Selo Leed Neighborhood Development (LEED-ND)

	DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE					
	Ambiental	***Social***	***Econômica***	***Institucional***	***Cultural***	***Urbana***
Nº DE INDICADORES POR SEGMENTO	Biodiversidade 5	Habitação e renda 1	Incentivo às economias locais 1	Pesquisa e investimento em sustentabilidade 3	Requalificação/ Restauração de edificações existentes ou de interesse cultural 1	Localização inteligente 2
	Solo 3	Saúde 1	Energia 4	Envolvimento comunitário 1	Preservação do patrimônio histórico 1	Acessibilidade e mobilidade 7
	Água 5	Educação 1	Reciclagem 1			Mescla de usos 2
	Esgotamento sanitário 1					Compacidade 2
	Resíduos sólidos 1					Espaços públicos 1
	Poluição em geral 2					Arborização 1
						Efeitos sensoriais 2
Total	**17**	**3**	**6**	**4**	**2**	**17**

Fonte: LEED, 2016.

Pode-se verificar que 34% dos indicadores da certificação LEED-ND são relacionados à configuração urbana e outros 34% deles referem-se a questões ambientais, sendo apenas 4% relacionados a temas culturais, neste caso, especificamente, à requalificação ou restauração de edificações existentes ou de interesse cultural e à preservação do patrimônio histórico. É relevante esclarecer que, no Brasil, o conceito de patrimônio histórico vigorou nas políticas públicas nacional, nas estaduais e municipais até os anos 1970, a partir do que foi substituído por patrimônio cultural, um conceito mais amplo.

A pesquisa a respeito dos indicadores da certificação AQUA – HQE Bairros e Loteamentos, por sua vez, identificou um escopo de avaliação composto por setenta e dois indicadores de sustentabilidade distribuídos em três macro categorias que envolvem a integração e a coerência do bairro, a preservação de recursos e a integração social junto às dinâmicas econômicas. A Tabela 2, a seguir, demonstra a relação entre os indicadores do selo e as dimensões da sustentabilidade.

Tabela 2. Selo AQUA – HQE Bairros e Loteamentos

	DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE					
	Ambiental	***Social***	***Econômica***	***Institucional***	***Cultural***	***Urbana***
Nº DE INDICADORES POR SEGMENTO	Biodiversidade 4	Habitação e renda 3	Energia 5		Preservar o patrimônio arquitetônico e urbanístico 1	Acessibilidade e mobilidade 8
	Solo 3	Emprego 5	Energia não-renovável 1		Novos eventos de divulgação 1	Mescla de usos 4
	Água 4	Segurança 2	Resíduos perigosos rentáveis 1		Valorizar marcos da paisagem 1	Compacidade 3
	Esgotamento sanitário 1		Consumo mineral 1			Arborização 1
	Resíduos sólidos 5		Planejamento financeiro 1			Efeitos sensoriais 5
	Poluição em geral 7		Custos operacionais 1			
			Atratividade econômica 2			
			Venda do empreendimento 2			
Total	**24**	**10**	**14**	**0**	**3**	**21**

Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2011b.

A partir das informações dispostas nas Tabelas 1 e 2, propôs-se a elaboração da Tabela 3, de modo a comparar a quantidade de indicadores encontrados para cada dimensão da sustentabilidade em ambas as certificações. Os dados obtidos permitem afirmar que existe um desequilíbrio de indicadores por dimensão da sustentabilidade, uma vez que as questões ambientais e urbanas predominam amplamente sobre as demais. Já os indicadores culturais apresentaram pouca relevância, abarcando 4% do total de indicadores, tanto do LEED-ND quando do AQUA - HQE Bairros e Loteamentos. A análise desses indicadores evidenciou a pouca profundidade e importância conferida às questões relacionadas à cultura e, especificamente, ao patrimônio cultural arquitetônico e urbanístico nas certificações. É possível afirmar que faltam diretrizes específicas para a proteção do patrimônio cultural, seja ele material ou imaterial, dado que as certificações se limitam a avaliar aspectos relativos à preservação da paisagem ou de edificações de valor histórico de maneira isolada. Para o LEED-ND sugere-se ainda um outro indicador, relacionado à adaptação das edificações antigas para novos usos, enquanto que para o AQUA-HQE é possível pontuar quando se propõe o reconhecimento de marcos ou de novos patrimônios arquitetônicos ou urbanísticos.

Tabela 3. Tabela síntese

DIMENSÃO DA SUSTENTABILIDADE	QUANTIDADE DE INDICADORES		PORCENTAGEM DE INDICADORES (%)	
	LEED-ND	AQUA – HQE Bairros e Loteam.	LEED-ND	AQUA – HQE Bairros e Loteam.
Ambiental	17	24	34,7	33,3
Social	3	10	6,1	13,9
Econômica	6	14	12,2	19,4
Institucional	4	0	8,2	0
Cultural	2	3	4,1	4,2
Urbana	17	21	34,7	29,2
Total	49	72	100	100

Fonte: as autoras, 2016.

5. CONCLUSÃO

Investigar o tratamento dado ao patrimônio cultural no universo de indicadores das certificações LEED Neighborhood Development e AQUA – HQE Bairros e Loteamentos, com o intuito de entender a relevância atribuída à sustentabilidade cultural das comunidades, foi o objetivo da presente pesquisa. A análise dos resultados comprovou haver uma predominância de indicadores sustentáveis voltados às dimensões ambiental e urbana, buscando assim, preservar a biodiversidade, os recursos naturais, o manejo de resíduos e o atendimento ao saneamento básico, ao mesmo tempo em que se incentiva o desenvolvimento compacto, a densificação, os investimentos na acessibilidade e mobilidade urbana, a mescla de usos e atividades, o aumento das áreas verdes e a produção de estímulos sensoriais positivos nos usuários. Tal preponderância de indicadores pode estar vinculada tanto à origem do conceito da sustentabilidade, incialmente compreendido pela necessidade de proteger os ecossistemas e os recursos não-renováveis do planeta, como também pela propagação do pensamento de autores consagrados, que prezam pela construção de cidades voltadas aos interesses e necessidades das pessoas. Entretanto, no que tange à dimensão cultural, sua recente inserção na compreensão do desenvolvimento sustentável pode justificar o modo superficial com que vem sendo abordada pelas certificações, recebendo menores quantidades de indicadores em ambos os selos e, além disso, restritos à visão de uma economia da cultura ao invés de uma definição antropológica de cultura. Por meio deste estudo foi possível comprovar que os incentivos à preservação de áreas de interesse cultural ainda são pouco valorizados, não havendo consenso quanto à incorporação de indicadores culturais nas certificações. Isso alerta para a necessidade de avanços no que diz respeito à construção de um conjunto de diretrizes sustentáveis para o patrimônio cultural, de modo a assegurar a preservação dos legados a serem usufruídos pelas gerações futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTANHEIRA, G. S. Estratégias de intervenção para a regeneração urbana sustentável. Braga, 193 p., 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho.

FARR, D. Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 326 p.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Certificação AQUA – HQE. 2015. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>. Acesso em: 11 nov. 2016.

_____. Referencial técnico de certificação: bairros e loteamentos – Parte I. 2011a. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/aqua/referencias-e-guias/>. Acesso em: 28 out. 2016.

_____. Referencial técnico de certificação: bairros e loteamentos – Parte QAB. 2011b. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/aqua/referencias-e-guias/>. Acesso em: 28 out. 2016.

GBC BRASIL. LEED for neighborhood development. 2014. Disponível em: <http://gbcbrasil.org.br/leed-neighborhood.php>. Acesso em: 11 nov. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil: 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 352 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de informações e indicadores culturais: 2007-2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

JACOBS, J. Morte e vida de grandes cidades. 3. ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011. 510 p.

LEED. LEED v4 for neighborhood development. 2016. Disponível em: <http://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%20v4%20ND_04.05.16_current.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016.

LOWENTHAL, D. El passado es um país extraño. Madrid: AKAL Universitária, 1998. 683 p.

LYNCH, K. A imagem da cidade. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011. 227 p.

_____. ¿De qué tempo es este lugar? Para una nueva definición del ambiente. 1. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1972. 285 p.

ROGERS, R. G.; GUMUCHDJIAN, P. Cidades para um pequeno planeta. 1. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2001. 180 p.

ROSSI, A. A arquitetura da cidade. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001. 309 p.

SACHS, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 96 p.

UNESCO. Declaração universal sobre a diversidade cultural. 2002. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001271/127160por.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

USGBC. About LEED. 2016. Disponível em: <http://www.usgbc.org/about>. Acesso em: 11 nov. 2016.

42. ESTUDO MULTICRITERIAL DA FORMA URBANA EM ÁREA DE ADENSAMENTO URBANO, EM SÃO PAULO

MARINS, Karin R C[1](karin.marins@usp.br);CATTO, Vinicius M[2] (vinicius.catto@usp.br);PACIFICI, Martina[3](ma.tra.me.sp@gmail.com), CRUZ, Rafael B C[4] (rafaelcastelo@usp.br), LAMOUR, Quentin[5]* (*quentin.lamour@gmail.com*), TIERNO, Ricardo[6] (*rtierno@gmail.com*)
[1, 2,3, 4, 5, 6]Universidade de São Paulo, Escola Politécnica (USP), Brasil

** autor correspondente*

RESUMO
A forma urbana é o resultado da combinação de vários elementos que compõem a estrutura urbana, envolvendo as áreas livres e ocupadas, áreas com vegetação ou pavimento, com diferentes volumes, materiais e cores. É constituída, basicamente, pelas quadras e os espaços viários. Este trabalho pretende abordar, de forma sistemática, os parâmetros relevantes dos componentes do espaço urbano a partir de uma perspectiva sistêmica das diversas funções urbanas que este realiza. A abordagem é aplicada ao bairro do Belenzinho, na zona leste da cidade de São Paulo, onde há incentivos para a densificação urbana, de acordo com o Plano Diretor atual. O estudo abrange o levantamento, mapeamento e análise de dados sobre as vias e quadras urbanas, no que diz respeito aos seguintes aspectos principais: microclima urbano, acessibilidade e mobilidade, uso e ocupação do solo, população e densidade construída. A pesquisa é baseada em planejamento e execução de levantamentos de campo, dados de pesquisa secundária, bem como mapeamento, sistematização e análise de resultados e indicadores. O resultado é uma análise multicritério consolidada das condições de ocupação e utilização do espaço urbano em questão, bem como sobre as perspectivas da sua densificação.
Palavras-chave: morfologia urbana, análise multicriterial, densidade urbana, desenho urbano, São Paulo.

URBAN FORM MULTICRITERIAL ASSESSEMENT IN A URBAN AREA UNDER DENSIFICATION, IN THE CITY OF SÃO PAULO

ABSTRACT
Urban form is the result of the combination of several elements that make up the urban structure, involving free and occupied areas, areas with vegetation or pavement, and other areas with different volumes, materials, and colors. It consists of two basic elements: the urban blocks and the urban road spaces. This work aims to address the relevant parameters of the components of urban space from a systemic perspective of the various urban functions it performs. The approach is applied to Belenzinho neighbourhood in the city of São Paulo, where there are incentives to urban densification, according the current Master Plan. The study covers the survey, mapping and analysis of data on urban roads and courts, with respect to the following main aspects: urban microclimate, accessibility and mobility, land use, population and built density. The result is a multi-criteria analysis of the conditions of occupation and utilization of the urban space in question, as well as about the prospects of its densification.
Keywords: Urban morphology, multicriterial analysis, urban parameters, urban density, urban design.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Marins e Roméro (2012), a forma urbana é resultado da combinação de diversos elementos que formam as áreas ocupadas, livres, com vegetação ou pavimentação, com volumetrias, materiais e cores diversas. A forma urbana impacta nas funcionalidades, na qualidade e no desempenho do espaço urbano, condicionando as densidades construída e populacional, assim como a demanda por infraestrutura e serviços nas cidades (NG, 2010). O planejamento e o projeto urbano prescindem, portanto, de reconhecer e incorporar as múltiplas interações dos elementos urbanos.

Para Bourdic, Salat e Nowacki (2012), a sustentabilidade urbana está profundamente relacionada à morfologia urbana, pois, além de relevante do ponto de vista socioeconômico e ambiental, ainda permite realizar uma abordagem integrada e sistêmica de seus elementos. De acordo com Batty (2008), as cidades, enquanto sistemas, passaram a serem consideradas conjuntos de elementos ou componentes ligados por conjuntos de interações. A estrutura arquetípica foi configurada em torno do uso do solo, considerando as conexões econômicas e funcionais entre os diversos usos.

De acordo com Yan, Wong e Jusuf (2005), a incorporação de princípios de sustentabilidade no projeto de unidades de vizinhança é importante porque muitos dos problemas identificados na escala macrourbana se referem a efeitos acumulados do planejamento ineficiente na microescala. Do ponto de vista da estruturação do espaço urbano, é possível reconhecer dois elementos básicos: o sistema de quadras ou quarteirões e os espaços viários urbanos. Em linhas gerais, o sistema de quadras abrange grande parte do espaço construído, ocupado e privado, enquanto que os espaços viários representam a maior parte do espaço livre e público.

Os espaços viários urbanos são responsáveis por desempenhar, simultaneamente, diversas funções nas cidades, condicionando a acessibilidade, a mobilidade, o conforto e a qualidade ambiental, no exterior e também no interior das edificações. Os espaços viários demandam qualificação, sobretudo para o caminhar urbano, proporcionando segurança, conforto e prazer para o pedestre (GEHL, 2015). O espaço viário ocupa partes significativas do território urbano (20 a 25%, segundo MASCARÓ, 2005), chegando a 21% em São Paulo, 22% em Nova Iorque, 24% em Tóquio e 25% em Paris, conforme exemplificado por Vasconcellos (2006). O espaço viário regula a oferta de espaços livres, espaços públicos para lazer e convivência nas cidades, desempenhando função social fundamental, já que é responsável pela oferta da maior parte do sistema de espaços livres urbanos para encontro e relacionamento interpessoal (WATCHS, 2000; WALTON et al., 2007).

O sistema de quadras, por sua vez, abrange a parcela do território urbano ocupado predominantemente por edificações, com funções residenciais, comerciais, de prestação de serviço, industriais, uso misto, dentre outras, de produção e uso sobretudo privados. Inclui também espaços livres associados ou não aos lotes, abrangendo superfícies impermeabilizadas e aquelas onde o solo é permeável e, em essência, vegetados. Atualmente, há valorização do uso misto do solo, que permite otimizar o acesso a pé a bens e serviços de uso cotidiano, reduzindo-se tempo e distância das viagens e, consequentemente os níveis de consumo de energia e emissões associados (OWENS, 1986; NEWMAN e KENWORTHY, 1999, SMART GROWTH NETWORK, 2006; NEW URBANISM, 2013; MARINS, 2014). O padrão de ocupação das quadras condiciona a densidade populacional e construída e impacta na demanda pelos serviços ofertados e funções desempenhadas pelos sistemas de infraestrutura, cujas redes são instaladas no espaço viário. Este padrão também afeta a qualidade e as funcionalidades sociais e ambientais dos espaços internos das quadras, resultantes das interfaces entre lotes e edificações adjacentes.

No âmbito do município de São Paulo, foi aprovada em julho de 2014 a nova lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e, em março de 2016, a nova lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do

Solo do município. Esses instrumentos pretendem, em linhas gerais, redirecionar o desenvolvimento urbano para áreas próximas às redes de transporte coletivo de média e alta capacidades, com incentivos ao adensamento populacional e construído nas áreas de influência, assim como revalorizar os espaços públicos, a conectividade, a acessibilidade e o uso misto, nos intitulados "Eixos de Estruturação da Transformação Urbana" - EETU (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2015).

Este trabalho pretende abordar, de forma sistemática, os parâmetros relevantes dos componentes do espaço urbano a partir de uma perspectiva sistêmica das diversas funções urbanas que este realiza. A abordagem é aplicada a uma área localizada no bairro do Belenzinho, na zona leste da cidade de São Paulo, onde há incentivos para a densificação urbana, de acordo com o Plano Diretor atual. O estudo abrange o levantamento e a análise de dados sobre as vias e quadras urbanas, com base na execução de medições em campo, dados de pesquisa secundária, bem como mapeamento georreferenciado, sistematização e análise de resultados e indicadores. Os resultados são, a seguir, apresentados de forma estruturada, agrupados em: microclima urbano, acessibilidade e mobilidade, uso e ocupação do solo, população e densidade construída.

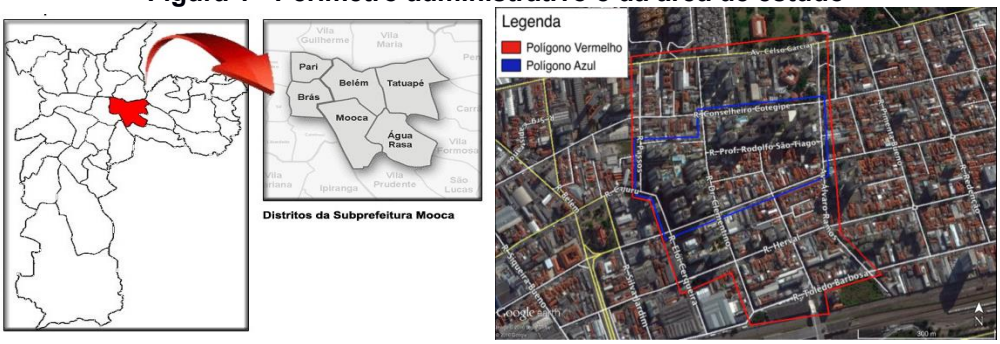
2. MÉTODO

O estudo multicriterial foi apoiado na integração de diferentes métodos e mesmo no desenvolvimento de procedimentos metodológicos e operacionais de apoio ao diagnóstico urbano pretendido. A forma urbana, foi estabelecida mediante levantamentos georreferenciados, complementados por vistorias em campo, no que se refere à inclusão dos empreendimentos mais recentes e não cadastrados. A densidade construída foi calculada com base na área de projeção das edificações, quantificada a partir dos sistemas georeferenciados, multiplicada pelo gabarito de altura das edificações, este estimado com base no número de pavimentos de cada edifício. A população foi caracterizada com base nos dados da Pesquisa Origem-Destino do Metrô de 2007 (CMSP, 2007), por conta da divisão apresentada por esta pesquisa se configurar como a mais adequada à classificação pretendida no presente trabalho, o que não pode ser obtido diretamente no Censo do IBGE. O microclima urbano foi analisado com base nos resultados de medições sequenciais realizadas em esquema transepto, focando em parâmetros relativos ao conforto térmico na escala do pedestre, desenvolvendo e testando, para isso, método próprio. Mobilidade e acessibilidade urbanas, por fim, foram consideradas de acordo com os níveis de serviço para veículos e pedestres, na distância com relação aos eixos e estações principais de transporte de massa, utilizando contagem de pessoas e veículos em campo e medições de distância via sistemas georeferenciados. O método descrito encontra-se, a seguir, detalhado e referenciado no capítulo seguinte, ao longo dos itens sequenciais específicos a cada um dos aspectos considerados.

3. DIAGNÓSTICO URBANO MULTICRITERIAL DO BAIRRO DO BELENZINHO EM SÃO PAULO

O recorde urbano de estudo é situado no distrito do Belém, cuja área é de 604,5 ha, distante 4km do centro da cidade, compondo um dos 6 distritos da subprefeitura da Mooca no Município de São Paulo. A região foi marcada, no século passado, por ocupações industriais e vilas operárias. Contudo, nas últimas décadas, tem sido objeto de transformações morfológicas urbanas com adensamento e verticalização. A área compreende, ainda, zona de influência de alguns eixos de transporte coletivo de alta e média capacidades e corredores de avenidas, tais como a Celso Garcia e Radial Leste, constituindo área de incentivo ao adensamento populacional e construído no novo Plano Diretor aprovado em 2014.

Figura 1 - Perímetro administrativo e da área de estudo



Fonte: Os autores, com base em PMSP (2016) e Google © (2016)

Para proceder à referida análise multicriterial, definiu-se dois perímetros de análise, conforme indicado na Figura 1(direita): um perímetro vermelho, mais amplo, que congrega a caracterização do uso e ocupação do solo, população e sistemas de mobilidade urbana, que compreende 334 lotes contidos em 12 quadras; um perímetro azul, no qual foram realizadas as medições microclimáticas e a caracterização de cânions urbanos representativos.

3.1 DENSIDADE URBANA, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

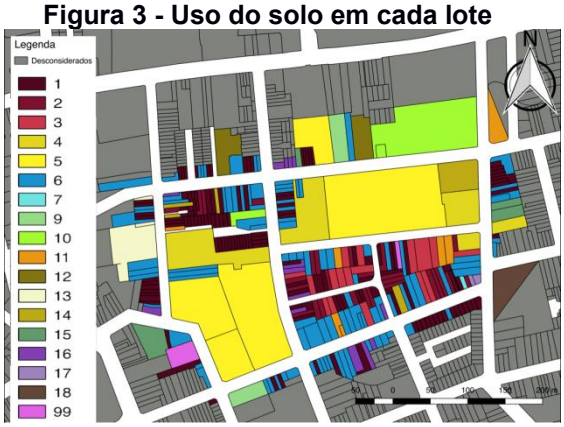
O perímetro destacado na figura 1 compreende a área em que será estudada a forma urbana e suas variáveis correlatas. Os mapeamentos e análises georreferenciadas foram elaboradas no software Quantum GIS, versão 2.14.0 para MAC OS X (QGIS, 2016), utilizando as bases disponibilizadas no Geosampa, da Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP, 2016). As Quadras G, H, I, J e K são consideradas inteiras no estudo. Já as Quadras A, B, C, D, E, F, L, M, N, O, P e Q são consideradas apenas parcialmente, de modo que alguns lotes serão incluídos, de acordo com critérios específicos delineados neste trabalho.

Figura 2 - Quadras incluídas no estudo



Fonte: Os autores, com base em PMSP (2016)

Figura 3 - Uso do solo em cada lote



Fonte: Os autores, com base em PMSP (2016)

A divisão de quadras foi considerada tal como o arquivo disponibilizado no Mapa Digital da Cidade de São Paulo (Geosampa). A base dos lotes também foi aquela disponibilizada no Geosampa, porém, estes sofreram manipulações. Em princípio, foram considerados todos os lotes das quadras inteiras presentes no recorte urbano, além daqueles lindeiros aos trechos de vias inteiramente incluídos no perímetro de estudo. Entretanto, para realizar a análise multicriterial da área urbana

em questão, foi necessário fazer alterações na área de abrangência dos lotes, com mesclas e divisões, considerando a influência de portarias e entradas dos empreendimentos na circulação urbana, bem como dos diferentes usos do solo. Além disso, foram feitos ajustes para que a divisão dos lotes se aproximasse o máximo possível dos arquivos oficiais de Setor Quadra-Lote, presentes no Geosampa.

A classificação dos lotes segundo o uso do solo seguiu o estabelecido pela Secretaria Municipal de Finanças (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2015). Complementariamente, visitas de campo mostraram uma quantidade considerável de lotes com uso misto, por isso foram adicionadas três classes de uso misto do solo (tipos 16, 17 e 18), totalizando 19 classes, conforme na Tabela 1 e mapeado na Figura 2. O processamento da Figura 2 resultou, por sua vez, na Tabela 2, que contém o número de lotes correspondente a cada uso, bem como a respectiva área total, para compor os usos residencial (tipo 1, 2, 3, 4, 5 e 14), comercial (6 e 7) e de escolas (11), além de usos mistos (16, 17 e 18) e outros usos (8, 9, 10, 12, 13, 14, 15 e 99). Um lote com um edifício em construção presente na região durante a época das visitas de campo (quadra F) foi classificado como ”Outros usos” (99), juntamente com um asilo (quadra K).

Tabela 1 - Classificação dos lotes segundo o uso do solo

#	Uso do solo	N. lotes	Área Total (m²)
1	Residencial Horizontal Baixo Padrão	135	15.312,29
2	Residencial Horizontal Médio Padrão	27	4.602,68
3	Residencial Horizontal Alto Padrão	17	5.320,29
4	Residencial Vertical Médio Padrão	5	12.025,93
5	Residencial Vertical Alto Padrão	6	32.412,69
6	Comércio e Serviço Horizontal	98	20.748,41
7	Comércio e Serviço Vertical	1	103,51
8	Industrial	0	-
9	Armazéns e Depósitos	2	2.354,53
10	Especial (Hotel, Hospital, Cartório, Etc.)	3	9.340,92
11	Escola	7	2.574,48
12	Coletivo (Cinema, Teatro, Clube, Templo, Etc.)	2	3.073,45
13	Terrenos Vagos	3	3.472,18
14	Residencial Vertical Baixo Padrão	5	2.975,35
15	Garagens não residenciais	4	2.725,66
16	Misto (Uso 1 + Uso 6)	14	2.147,90
17	Misto (Uso 1 + Uso 7)	2	202,24
18	Misto (Uso 4 + Uso 6)	1	2.096,22
99	Outros	2	1.266,67
	Total	334	122.755,40

Tabela 2 - Áreas correspondentes aos diferentes tipos usos do solo nos lotes

Uso do Solo	Área (m²)	Área relativa (%)
Residencial	72.649,23	59%
Comercial	20.851,92	17%
Educacional	2.574,48	2%
Misto	4.446,36	4%
Outros usos	22.233,41	18%
Total	122.755,40	100%

3.2 POPULAÇÃO RESIDENTE E EMPREGADA

Para o estudo das populações residente e empregada, foram consultados primeiramente os dados do Geosampa (PMSP, 2016). Contudo, encontraram-se dois empecilhos para a coleta de dados por meio desta base: 1) não há qualquer separação das diferentes populações residente, empregada, estudante, etc. e sim apenas um parâmetro de densidade demográfica simples, sem desagregação; 2) as densidades apresentadas no mapa, para diversas quadras, são classificadas em faixas de valores muito abrangentes (de 351 a 30.346 hab/ha, por exemplo), impossibilitando a estimativa da população local. Buscou-se, então, basear a estimativa populacional na Pesquisa Origem e Destino de 2007 do Metrô (CMSP, 2007), (Figura 4). Calculou-se a densidade populacional nessa área para obter, em seguida, as estimativas para a área de estudo (Tabela 3).

Figura 4 - Região de Estudo da População e a Divisão de zonas da Pesquisa O/D do Metrô



Fonte: Os autores, com base em Geosampa (2016)

Tabela 3 - Dados da pesquisa O/D 2007 (zona 41) e resultados para o recorte urbano estudado

Dados	Total Zona 41 da O/D	Total recorte urbano estudado
Número de domicílios	5958	516
Número de famílias	5958	516
População residente (habitantes)	17677	1532
População estudante (pessoas)	3310	287
População empregada (empregados)	25121	2177
Número de automóveis particulares	4225	366
Viagens Produzidas por dia	51727	4483
Viagens Atraídas por dia	51472	4461
Área total (hectares)	182,98	15,858

3.3 DENSIDADE POPULACIONAL E CONSTRUÍDA

A partir da análise das populações, e da morfologia urbana, foi calculada a densidade residencial como a razão entre a população residente e a área terrestre residencial (CHENG, 2010, tradução nossa). Também se calculou a relação desta mesma população com a área construída destinada ao uso residencial. A densidade de população empregada, analogamente, trata-se da razão entre a população empregada numa região e a área terrestre destinada a comércio e serviços. Também podemos analisar a área construída para o mesmo tipo de uso. Os resultados para a área em estudo são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros de densidade populacional estimados

Parâmetro estimado	Densidade (hab/ha)
Densidade residencial	211
Densidade residencial construída	62
Densidade comercial	1044
Densidade comercial construída	650

3.4 CLIMA URBANO

A coleta de dados climáticos em campo foi desenvolvida nos meses de maio e julho de 2016, para investigar as interações entre forma urbana e microclima na área em estudo. Os pontos de medição foram previamente definidos e localizados nos transeptos viários (calçadas) para cobrir as principais configurações espaciais típicas que compõem a variabilidade morfológica da área.

Para medir as seções viárias em condições meteorológicas aproximadamente similares, o tempo de medida entre os pontos de amostragem foi minimizado e as tarefas de medição otimizadas; uma sequência de execução com duração de 15 minutos foi criada, que incluiu tanto o transporte dos equipamentos de um ponto de medição para outro, quanto a realização das atividades de medição, cumpridas em campo por dois operadores. Um dos operadores mediu temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, iluminância e sensação térmica. Os equipamentos usados foram, respectivamente, um *datalogger* associado a um *solar shield*, um *datalogger* associado a um globo cinza, um anemômetro de fio quente e um luxímetro digital. Enquanto isso, o segundo operador capturou imagens de Fator de Visão do Céu por meio de uma câmera fotográfica digital associada à lente olho de peixe, mediu as temperaturas superficiais em três pontos da seção viária com uma câmera termográfica e tomou as medidas geométricas das seções de vias analisadas com uma trena eletrônica.

Tabela 5: Temperatura, Umidade e Sensação Térmica nos pontos P20, P34, P35.

Ponto	H/W	Temperatura (ºC)		Umidade (%)		Sensação térmica (°C)	
		Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
P20	0,5	19,1	25,5	79,7	54,7	28,5	34,1
P34	3,5	18,0	25,8	85,7	53,8	18,2	36,1
P35	0,5	18,5	26,0	83,0	53,0	19,9	28,7

Tabela 6: Temperatura superficial e Iluminância média nos pontos P20, P34, P35.

Ponto	Temperatura Superficial (ºC)				Iluminância Média (lux)		
	Superfície	Tipo	Manhã	Tarde	H/W	Manhã	Tarde
P20	Via	Asfalto	19,3	29,4	0,5	5433	7537
	Passeio	Concreto	17,9	25,1			
	Sup. lindeira	Argamassa	19,9	25,2			
P34	Via	Asfalto	18,8	37,7	3,5	3773	41586
	Passeio	Pedra	19,0	35,0			
	Sup. lindeira	Vegetação	18,3	30,3			
P35	Via	Asfalto	19,6	35,3	0,5	3944	39171
	Passeio	Concr. colorido	18,9	35,8			
	Sup. lindeira	Argamassa	18,6	32,9			

As medições foram feitas nos períodos da manhã (6h00 – 9h00) e da tarde (13h00 – 16h00). Deste modo, foi possível observar a amplitude térmica entre o período da manhã e da tarde para um mesmo ponto. Também, procurou-se escolher dias com tempo estável e aberto, a fim de se obter resultados representativos de um mesmo dia típico. Os valores obtidos variam de ponto a ponto, mostrando assim as peculiaridades do desempenho climático de cada seção viária em estudo. Uma amostra de três pontos foi selecionada do total dos pontos analisados para ser discutida a seguir e representam situações espaciais típicas, caracterizadas por fatores H/W (High/ Width) e de Visão do Céu variáveis. A discussão visa ressaltar os efeitos da variabilidade morfológica do tecido urbano sobre o clima da região. Apesar da proximidade dos pontos de medição, as três situações espaciais selecionadas apresentam resultados climáticos diversos.

Diferenças tangíveis ocorrem especialmente entre os pontos P20 e P35, cujo valor de H/W dos respectivos cânions é 0,5, e o ponto P34, em que H/W vale 3,5 (Tabelas 5 e 6). Neste último ponto (P34), a amplitude térmica é maior, principalmente ao se analisar a sensação térmica (18°C) e a temperatura superficial da via asfáltica (19°C); por outro lado, no ponto P35, a amplitude da sensação térmica é a metade do ponto anterior (9°C), e a da temperatura superficial é reduzida a 16°C. A diferente configuração do cânion participa na geração dessas diferenças climáticas e, portanto, na modificação do microclima local. Com isso, o grande volume de materiais com altas emissividades que caracterizam essas situações espaciais e a influência da ilha de calor urbano também contribuem para acentuar a amplitude térmica observada.

As diferentes configurações espaciais afetam também os valores de iluminância (Tabela 6). O ponto P20, na parte da manhã, recebe iluminância média da ordem de 5400 lux, enquanto o ponto P35 recebe cerca de 4000 lux. Tal fato é condicionado pela orientação dos prédios ao redor dos pontos medidos; enquanto o ponto P20 não apresenta obstruções construídas em direção Leste, recebendo o sol matinal, o ponto P35 é cercado por edificações muito próximas a ele (Figura 4). A consequência é verificada na sensação térmica medida na parte da manhã (28,49ºC no ponto P20 e de 18,22ºC no ponto P35). Esta diferença de cerca de 10ºC é considerável, visto que a temperatura do ar apresentou uma diferença de apenas 0,5ºC entre os dois pontos.

Figura 5: Fator de Visão do Céu respectivamente nos pontos P20, P34 e P35.



4. MOBILIDADE URBANA

Uma forma de avaliar as condições de mobilidade é por meio dos Níveis de Serviço (HCM, 2010; DNIT 2010, Tabela 7). A Figura 5 localiza os pontos de contagem do fluxo de veículos, pedestres e bicicletas, nos horários de pico da manhã e da tarde, em dias úteis, durante o mês de agosto de 2016.

Tabela 7 – Níveis de Serviço

Nível de serviço	Veículos		Pedestres
A	Fluxo livre		Condições de caminhar sem alterar os movimentos
B	Fluxo razoavelmente livre		Ajustes ocasionais de trajeto
C	Fluxo estável		Ajustes frequentes de trajeto
D	Fluxo próximo a instabilidade		Condições restritas para ultrapassar pedestres lentos
E	Fluxo instável		Velocidade restrita
F	Fluxo forçado ou com interrupções		Velocidade severamente restrita

Fonte : Os autores, com base em (DNIT, 2010)

Figura 6 - Contagem de tráfego



Fonte: Os autores

A Tabela 8 apresenta os resultados das medições e os Níveis de Serviço associados a cada ponto, para veículos e pedestres. Nos pontos 1, 3, 6 e 9, foram somadas as larguras dos passeios dos dois lados da via. No ponto 7 (Estação de Metrô), foi medida a largura de uma seção pela qual os pedestres passam necessariamente ao entrar (7a) ou sair (7b) da estação. Além disso, observou-se um tráfego muito restrito de bicicletas na região. Nos pontos 1 e 9 (de tarde) e 4 (de manhã), o fluxo é estável ("C"). Assim, as vias estão com boa taxa de utilização, nem ociosas nem lotadas. Entretanto, num possível aumento populacional, estas vias podem atingir níveis de instabilidade. Já nos pontos 2 e 3, que são os principais gargalos da região, o fluxo é instável ("E"), ou seja, as vias já estão saturadas. Na possibilidade de um aumento populacional na região, estas vias poderão ficar sobrecarregadas. O fluxo de ônibus no corredor da Av. Celso Garcia pela manhã (pontos 1 e 9), sentido centro, é classificado como livre ("A"). Os pedestres que utilizam o metrô (ponto 7) enfrentam níveis de serviço que variam de fluxo livre ("A") a razoavelmente livre ("B"). Portanto, deve-se incentivar mais o uso dos modos de transporte público disponíveis na região, pois estão subutilizados. Também, dever-se-ia propor uma redução do número de vagas de estacionamento nas ruas da região. Constata-se, ainda, uma total ausência de infraestrutura cicloviária na região e, portanto, o uso da bicicleta muito reduzido.

Tabela 8 – Níveis de Serviço para veículos e pedestres

	Veículos				Pedestres			
Ponto	Volume horário		Nível de Serviço		Taxa de Fluxo (p/m/min)		Nível de Serviço	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
1	177	1359	A	C	0,4	0,1	A	A
2	1972	-	E	-	-	-	-	-
3	-	1867	-	E	-	-	-	-
4	1983	-	C	-	-	-	-	-
5	-	682	-	B	-	-	-	-
6	593	-	B	-	0,3	-	A	-
7a	-	-	-	-	10,8	22,8	A	B
7b	-	-	-	-	22,5	17,4	B	B
8	45	98	A	A	-	-	-	-
9	68	950	A	C	0,2	0,4	A	A
10	272	86	B	A	0,5	0,6	A	A
11	142	70	B	A	0,3	0,3	A	A

Fonte: Os autores

5. CONCLUSÕES

A caracterização multicriterial de uma área urbana, na escala de bairro, constitui tarefa complexa, pois demanda o estudo e a operacionalização de métodos específicos setoriais (clima, mobilidade, demografia) associados ao conhecimento e à investigação dos processos de definição da forma urbana, tanto no que tange tanto aos espaços viários quanto às quadras.
O estudo no bairro do Belém mostra que a área estudada já está passando por processo de adensamento construído, que traz implicações microclimáticas para os espaços viários adjacentes às novas construções verticalizadas. Em certas vias, o fluxo de veículos já apresenta saturação em horários de pico, o que precisa ser considerado no avanço do adensamento populacional e das políticas de mobilidade, já que se trata de uma área pertencente aos Eixos de Estruturação da Transformação Urbana e, portanto, de incentivo ao uso dos modos de transporte coletivos e públicos, cicloviário e da caminhada. Entretanto, há carência de qualificação do espaço urbano público, sobretudo para o caminhar urbano. A nova Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de 2016 propõe uma qualificação do espaço construído, com incentivos ao uso misto e à fachada ativa, o que pode melhorar a atratividade para espaços coletivos públicos e semi-públicos. No entanto, a regulação urbana não prevê melhorias a favor do andar urbano nos espaços livres públicos, nem tampouco planejamento, monitoramento e avaliação dos efeitos microclimáticos das múltiplas intervenções associadas ao adensamento construído nessas áreas de desenvolvimento urbano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2015/ 10759-0), Programa BE Mundus e CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior, pela concessão de bolsas de iniciação científica, mestrado e doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOURDIC, L., SALAT, S. AND NOWACKI, C. Assessing cities: a new system of cross-scale spatial indicators. **Building Research & Information**. V. 40, Issue 5, p. 592–605, 2012.

CMSP. **Pesquisa Origem – Destino 2007:** RMSP. São Paulo: CMSP, Setembro de 2008.

DNIT. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Rio de Janeiro, RJ, 2010.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. Traducao A. Di Marco. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2015.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building & Urban Design**. NY:Wiley, John & Sons, 1998.

GOOGLE. Google Imagery 2016 DigitalGlobe,Ones/Spot Image, GeoEye – Google Maps. **Mapa da área de estudo localizada no bairro do Belenzinho**. São Paulo. 2016.

HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010. **HCM2010**. Volumes 1-4. 2010.

MARINS, K. R. C. C. 2014. *Comparação de estratégias e soluções de sustentabilidade aplicadas a bairros urbanos*. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2014. Maceió. Anais... ANTAC: 3179 -3188.

MARINS, K. R. C. C.; ROMÉRO, M. A. Integração de condicionantes de morfologia urbana no desenvolvimento de metodologia para planejamento energético urbano. **Ambiente Construído.** v. 12, n. 4, p. 117-137, 2012.

MASCARÓ, J L.; YOSHINAGA, M. **Infraestrutura Urbana**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2005.

NEW URBANISM. **New Urbanism.** Disponível em: http://www.newurbanism.org/newurbanism.html, acessado em 20 Jan 2013.

NEWMAN, P., KENWORTHY, J. **An international sourcebook of automobile dependence in cities, 1960-1990.** Niwot, Boulder: University Press of Colorado, 1999.

NG, Edward (ed). **Designing High-Density Cities**, London: Earthscan, 2010.

OWENS, S. **Energy, planning and urban form**, London: Pion, 1986.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Decreto 56.089, de 1 de maio de 2015. Regulamenta dispositivos da Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014, que aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, SP, 2015 .

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plataforma Geosampa**. Disponível em: geosampa.prefeitura.sp.gov.br/, acesso em junho de 2016.

QGIS. Versão 2.14.0: QGIS, 2016. Disponível em: <http://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>. Acesso em 9 out. 2016

SMART GROWTH NETWORK. **This is smart growth.** Disponível em: http://www.smartgrowthonlineaudio.org/pdf/TISG_2006_8-5x11.pdf, acessado em 12 Jan 2013.

VASCONCELLOS, Eduardo A. **Transporte e Meio Ambiente**: Conceitos e Informações para Análise de Impactos. São Paulo: Editora do Autor, 2006.

WALTON, D. *et al.* **Urban Design Compendium**. Reino Unido: The Housing Corporation, 2007.

WATCHS, M. *et al*. **Highway Capacity Manual 2000 - HCM 2000**. United States of America: National Academy of Sciences, 2000.

61. PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO CONTEMPORÂNEO BRASILEIRO, AGENTES E SEGREGAÇÃO: UMA REFLEXÃO TEÓRICA A PARTIR DA PERSPECTIVA DA (IN)SUSTENTABILIDADE

EDELWEISS, Roberta Krahe[1](robertaedelweiss@gmail.com); GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf*[2] (mgonzalez@unisinos.br)*

[1]Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil / Universidad de la Costa (CUC), Colômbia

[2] Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO

O artigo apresenta uma reflexão teórica sobre a produção do espaço urbano contemporâneo. A partir do entendimento da revolução industrial – do reconhecimento transformações geradas pela mudança dos meios de produção, reorganização social e a consequente urgência de um salto populacional urbano – o artigo tem como pressuposto a cidade industrial como herança histórica. A partir da lógica da cidade industrial e sua lógica econômica capitalista, valores de troca se sobrepõem a valores de uso bem como a cidade como bem comum e como direito, tem pouca efetividade na prática. Reconhecem-se, a partir desta lógica, impactos causados pela produção do espaço urbano na cidade contemporânea, sejam eles sociais e ambientais. Neste sentido, o objetivo do artigo é apresentar a insustentabilidade do espaço urbano contemporâneo no contexto brasileiro a partir de uma lógica de produção de excedente. O trabalho tem como método a revisão de conceitos relacionados ao direito à cidade, às raízes urbanas da crise capitalista e princípios do urbanismo – propostos respectivamente por Henri Lefebvre, David Harvey e François Ascher – a contextualização ao contexto brasileiro a partir de conceitos relacionados à segregação socioespacial e à atuação dos agentes produtores do espaço – apresentados por Ermínia Maricato, Raquel Rolnik e Marcelo Lopes de Souza – e, por fim, a revisão do Estatuto da Cidade, dos pressupostos da Agenda 21 e Habitat I, II e III e o confronto dos mesmos com uma lógica sustentável. Como resultado, o artigo apresenta uma síntese acerca do tema produção do espaço urbano contemporâneo a partir da ótica sustentável no contexto brasileiro. Além de comprovar a produção do espaço urbano a partir de uma ótica predominantemente econômica, conclui-se que a cidade brasileira, a partir da lógica de produção de espaço contemporânea, é insustentável no que tange a uma busca de equilíbrio entre os fatores econômicos, sociais e ambientais.

Palavras-chave: Produção, Espaço Urbano, Brasil, Sustentabilidade

THE PRODUCTION OF THE BRAZILIAN CONTEMPORARY URBAN SPACE, AGENTS AND SEGREGATION: A THEORETICAL REFLECTION FROM THE (UN)SUSTAINABILITY PERSPECTIVE

ABSTRACT

The article presents a theoretical reflection about the production of the contemporary urban space. From the understanding of the industrial revolution – from the transformations caused by the change on the means of production, the social reorganization and urgency form a representative population growth – the article puts the initial statement of the industrial city as a historical heritage. From the logic of the industrial city and its capitalist economic logic, exchange values override values of use

as well as the city as a common good and as a right, has little effectiveness in practice. From this logic, the impacts caused by the production of urban space in the contemporary city, be it social and environmental, are recognized. In this sense, the objective of the article is to present the unsustainability of contemporary urban space in the Brazilian context from a logic of surplus production. The work has as a method the revision of concepts related to the right to the city, to the urban roots of the capitalist crisis and principles of urbanism - proposed respectively by Henri Lefebvre, David Harvey and François Ascher - the contextualization to the Brazilian context from concepts related to segregation and the role of space producers - presented by Ermínia Maricato, Raquel Rolnik and Marcelo Lopes de Souza - and, finally, the revision of the City Statute (Estatuto da Cidade), the presuppositions of Agenda 21 and Habitat I, II and III and the confrontation with the Sustainable logic. As a result, the article presents a synthesis about the theme of contemporary urban space production from a sustainable perspective in the Brazilian context. In addition to proving the production of urban space from a predominantly economic perspective, it can be concluded that the Brazilian city, based on the logic of contemporary space production, is unsustainable with regard to a search for a balance between economic, social and environmental issues.
Keywords: Production, Urban space, Brasil, Sustainability

1. INTRODUÇÃO

A cidade pode ser entendida como um artefato, onde ocorrem as práticas sociais. Também pode ser entendida como uma herança histórica, a partir das transformações sociais que se refletem no espaço construído ao longo da história. Conforme Lefebvre (1991) “quando a industrialização começa, quando nasce o capitalismo concorrencial com a burguesia especificamente industrial, a Cidade já tem uma poderosa realidade” (LEFEBVRE 1991, p.4) Do salto da organização social das primeiras cidades à mecanização dos meios de produção surge a revolução industrial, como uma mudança de paradigmas. O salto populacional das cidades urbanas, a insalubridade dos centros urbanos e a necessidade de habitação são propulsores de uma nova configuração urbana.

A partir da lógica da cidade industrial e sua lógica econômica capitalista, valores de troca se sobrepõem a valores de uso bem como a cidade como bem comum e como direito, tem pouca efetividade na prática. Reconhecem-se, a partir desta lógica, impactos causados pela produção do espaço urbano na cidade contemporânea, sejam eles sociais e ambientais. A sustentabilidade, aqui entendida como uma busca de equilíbrio entre os âmbitos social, econômico e ambiental. Neste sentido, não cabem os termos sustentabilidade econômica, bem como a sustentabilidade ambiental ou social uma vez que os três âmbitos devem ser interdependentes tratando-se de sustentabilidade. Harvey (2014) apresenta um quadro de desigualdades sociais e relaciona este com a especulação do território afirmando a crise capitalista bem como a crise do regime de capitalização e financeirização do espaço habitado. As críticas de Maricato (2008), Rolnik (2015) Souza (2004) incrementam a crítica de Harvey no sentido de contextualizar o discurso na “periferia do capitalismo”. A habitação entendida como o uma importante parcela da urbanização, merece especial atenção por sua representatividade. Críticas destes autores do contexto brasileiro têm especial ênfase na especulação capitalista sobre o território, geradora de segregação social e em conflito com o direito à habitação.

Por fim, conforme Ascher (2010) estamos vivendo a terceira revolução urbana, uma revolução cognitiva. É a compreensão de uma era onde a tecnologia da informação entende-se como espaço virtual. O homem contemporâneo, a partir de uma nova organização social, demanda novos espaço, a partir de novos modos de habitar. Surgem na contemporaneidade novos modos de habitar como os espaços múltiplos, as apropriações efêmeras ou as cidades compactas. O artigo, a partir da

problemática urbana contemporânea, apresenta uma reflexão teórica sobre a produção do espaço urbano.

2. OBJETIVO

O objetivo do artigo é apresentar a insustentabilidade do espaço urbano contemporâneo no contexto brasileiro a partir de uma lógica de produção de excedente.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho tem como método a revisão de conceitos relacionados ao direito à cidade, às raízes urbanas da crise capitalista e princípios do urbanismo – propostos respectivamente por Henri Lefebvre, David Harvey e François Ascher – a contextualização ao contexto brasileiro a partir de conceitos relacionados à segregação socioespacial e à atuação dos agentes produtores do espaço – apresentados por Ermínia Maricato, Raquel Rolnik e Marcelo Lopes de Souza – e, por fim, a revisão do Estatuto da Cidade, dos pressupostos da Agenda 21 e Habitat I, II e III e o confronto dos mesmos com uma lógica sustentável.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, o artigo apresenta uma síntese acerca do tema produção do espaço urbano contemporâneo a partir da ótica sustentável no contexto brasileiro. Esta síntese organiza-se do geral ao particular, partindo de aproximações ao *direito à cidade, raízes urbanas da crise capitalista e princípios do urbanismo*, à *segregação socioespacial e a atuação dos agentes produtores do espaço no contexto brasileiro* e ao *Estatuto da Cidade, pressupostos da Agenda 21 e Habitat I, II e III e a lógica sustentável*.

.

4.1 DIREITO À CIDADE, RAÍZES URBANAS DA CRISE CAPITALISTA E PRINCÍPIOS DO URBANISMO

> A própria cidade é uma obra, e esta característica contrasta com a orientação irreversível na direção do dinheiro, na direção do comércio, na direção das trocas, na direção dos produtos. Com efeito, a obra é valor de uso, e o produto é valor de troca. O uso principal da cidade, isto é, das ruas e das praças, dos edifícios e dos monumentos é a Festa (que consome improdutivamente, sem nenhuma outra vantagem além do prazer e do prestígio, enormes riquezas em objetos e em dinheiro) (LEFEBVRE 1991, p.4)

A citação de Lefebvre ilustra a cidade como obra onde o protagonismo capitalista confunde valores de uso e de troca. Os valores de troca, no caso, se sobrepõem aos valores de uso. Este conflito vai em contra ao surgimento das cidades, uma vez que seu surgimento é decorrente de práticas sociais e tendo como secundário a financeirização de sua estrutura. Esta inversão de valores, percebida na contemporaneidade, é capaz de criar segregação social e conflitos. Conforme coloca Lefebvre:

> No sistema urbano se exerce a ação desses conflitos específicos: entre valor de uso e valor de troca, entre a mobilização da riqueza e o investimento improdutivo na cidade, entre a acumulação do capital e sua dilapidação nas festas, entre a extensão do território dominado e as exigências de uma organização severa desse território em torno da cidade dominadora" (LEFEBVRE 1991, p.6)

As transformações urbanas ao longo do tempo representam continuidades e descontinuidades, traduzidas em desuso e abandono ou em transformações de uso. O planejamento urbano é e deve

ser responsável pelo monitoramento das transformações urbanas, no sentido de garantir o direito à cidade a todos os cidadãos. Harvey traz o exemplo de como uma estratégia de planejamento é capaz de transformar a estrutura urbana. O exemplo de Paris, apresentado por Harvey (2014) ilustra como a "cidade luz" contemporânea, um centro de compras, turismo, luxo e entretenimento não existiria sem financiamento. Trata-se de uma estratégia urbana que, financiada pela dívida, é capaz de transformar a identidade de uma cidade, trazer como consequências o buscado retorno financeiro, mas também impacto social. O ponto em interesse em tal exemplo é o custo social desta estratégia, uma vez que a estratégia de modernização de Paris passa por um novo traçado urbano em nome de "higienização" e a consequente expulsão de população local.
A economia atual opera práticas do capital especulativo em detrimento das pessoas, onde se entende que uma cidade por ir bem ainda que a população (exceto uma classe privilegiada) e o meio ambiente estejam mal.

> "Elas estimulam o crédito hipotecário de alto risco, alimentando por mitos simplórios sobre os benefícios da casa própria para todos e o arquivamento das hipotecas 'tóxicas' em obrigações de assunção de dívida altamente valorizadas a serem vendidas a investidores crédulos. Elas também estimulam uma suburbanização infinita que consome muito mais terra e energia do que seria razoável para a sustentabilidade do nosso planeta como habitat humano" (HARVEY 2014, p. 73)

Práticas urbanas predatórias e capital fictício demonstram uma urbanização do capital. Os bens comuns urbanos bem como os serviços mínimos, na contemporaneidade transformam-se em mercadoria alinhados à economia. Iniciativas contemporâneas de economia neoliberal reservam ao mercado econômico grande responsabilidade e delegam, a partir da lógica do Estado Mínimo, ao poder privado mercados como o saneamento básico e a habitação. Surge a partir desta lógica o questionamento sobre qual seria o papel do Estado, uma vez que os interesses são, em essência, a geração de lucro e nem sempre suas práticas estão aliadas ao bem-estar da sociedade. Entende-se a partir das práticas de gestão urbana sob a forma de mercados, um grande risco para a sociedade.

> [...] mercados fundiários e imobiliários fluidos e outras instituições de apoio – como a proteção aos direitos de propriedade, ao cumprimento dos contratos e ao financiamento de moradia – terão provavelmente um maior florescimento com o tempo, à medida que as necessidades do mercado se forem transformando. Cidades bem-sucedidas abrandaram as leis de zoneamento de modo a permitir que os usuários abastados pudessem comprar as terras mais valiosas – e adotaram regulamentações do preço da terra que permitissem a adaptação aos seus usos, mutáveis ao longo do tempo" (HARVEY 2009 apud HARVEY 2014)

Ainda segundo as palavras de Lefebvre, percebe-se a relação entre direitos humanos e a organização da cidade. A partir da colocação entende-se o bem-estar como um valor social a ser perseguido como garantia do direito à cidade.

> O direito à cidade não pode ser concebido como um simples direito de visita e retorno às cidades tradicionais. Só pode ser formulado como direito à vida urbana, transformada, renovada. Pouco importa que o tecido encerre em si o campo e aquilo que sobrevive da vida camponesa conquanto que 'o urbano', lugar de encontro prioridade do valor de uso, inscrição no espaço de um tempo promovido à posição do supremo bem entre os bens, encontre sua base morfológica, sua realização prático-sensível (LEFEBVRE 1991, p. 11)

Ascher (2010) entende a atualidade como "era cognitiva". A evolução e transformação das cidades da era da industrialização à era cognitiva associa-se a um contexto incerto. As novas configurações e novos modos de habitar colocam em xeque o urbanismo baseado em trocas e traz o

questionamento sobre os valores de uso, em transformação. São diferentes necessidades e a necessidade de adaptar a democracia à terceira revolução urbana, desde o governo da cidade à governança metapolitana. Conforme o autor "o urbanismo deve ser multissensorial, estilisticamente aberto, reativo, convergente. " (ASCHER 2010, p. 98)

4.2 SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL E A ATUAÇÃO DOS AGENTES PRODUTORES DO ESPAÇO NO CONTEXTO BRASILEIRO

Como ponto de partida é importante o reconhecimento do Brasil como um país de grandes desigualdades sociais. Neste cenário pode-se questionar sobre a exceção e a regra nas cidades brasileiras, e sobre o que seria um ou outro. A informalidade da construção civil, que compreende aproximadamente 50% do setor da construção é assunto urgente no contexto brasileiro. Conforme Maricato (2013, p.37) "trata-se de um imenso empreendimento, bastante descapitalizado e construído com técnicas bastante arcaicas, fora do mercado formal". Mais do que a informalidade, as causas e impactos da mesma são questão relevante para o entendimento das relações entre os agentes produtores do espaço no contexto brasileiro.
Souza (2004) apresenta uma crítica ao planejamento a partir de "perspectivas mercadófilas" ou "os ataques conservadores contra o planejamento regulatório". O autor entende as estratégias de planejamento mercadófilo como estratégias que "rompem com o espírito regulatório ainda francamente hegemônico nos anos 70, na medida em que deixam de tentar domesticar ou disciplinar o capital para, pelo contrário, melhor ajustarem-se aos seus interesses, inclusive mediatos." Esta lógica de mercado, capaz de favorecer a investidores privados entende a cidade como produto, um produto de mercado onde a equação de sua produção reserva grande parcela aos agentes privados.
Com o foco na moradia, Rolnik (2015) traz o entendimento da moradia na "era das finanças" como mercadoria e como especulação. A partir deste entendimento coloca que a "financeirização global da moradia" apresenta impactos sociais a partir da contração de dívidas. Conforme a autora:

> Através do financiamento imobiliário para a compra da casa própria, a expansão do mercado global de capitais apoiou-se no endividamento privado, estabelecendo um vínculo íntimo entre a vida biológica dos indivíduos e o processo global de extração de renda e especulação. A canalização dos fluxos de capital excedente sobre os imóveis residenciais tem, também, portanto, uma dimensão vivida: as vidas hipotecadas ou a geração de homens e mulheres endividados, uma nova subjetividade produzida pelos mecanismos disciplinares que sujeitam a própria vida ao serviço da dívida. (ROLNIK 2015, p.40).

O território formal é fruto de especulação e o acesso ao território revela a hierarquia social, uma vez que é regido por mercado. O resultado disto é uma sentença simples: pobres ocupam áreas ilegais e constroem irregularmente. A valorização da terra gera o isolamento por falta de atividade próximas e custo do transporte. O crescimento das cidades e a consequente suburbanização gerada pela valorização do território e expulsão de população com menor poder aquisitivo gera, portanto, problemas sociais.
Ainda a segregação não se dá somente com as classes sociais mais baixas. Ela é generalizada no contexto brasileiro. A busca de proteção da violência urbana em cidades de grandes desigualdades sociais, manifesta-se pelas classes mais ricas sob a forma de condomínios fechados ou condomínios clube e de loteamentos fechados. É importante frisar a ilegalidade de loteamentos fechados conforme a lei do parcelamento urbano (BRASIL 1979). Mesmo que a lei de parcelamento do solo brasileira não reconheça e os loteamentos fechados e estabeleça que as vias devem ter

acesso público a prática ocorre em muitas cidades brasileiras com o aval formal pelos seus órgãos competentes.

São leis nacionais a lei de mobilidade urbana (BRASIL 2012) e a lei de destinação de resíduos sólidos (BRASIL 2010). Estas recentes leis revelam a preocupação por uma política nacional em prol do meio ambiente e do bem-estar social. O estabelecimento de prioridades para o transporte não motorizado apresenta um quadro. Por outro lado, recentes conjuntos de habitação de interesse social instalam-se em locais onde é inviável transformar tais prioridades em realidade uma vez que os deslocamentos se fazem maiores pela distância subúrbio-cidade. A lei de destinação de resíduos sólidos entende que mesmo que a apropriação de setores da cidade seja informal há a preocupação em destinação de resíduos, fazendo com que seja urgente o atendimento às populações instaladas em áreas de preservação ambiental.

Nesta equação não é pouco sublinhar que a sociedade é um dos agentes produtores do espaço urbano. Sobre a desigualdade favelas e sua larga apropriação em relação ao território formalmente construído, entende-se a relação dúbia entre regra e exceção. A favela é reconhecida, como realidade e como um problema urbano. Estão associadas às práticas de apropriação informal do território a carência de infraestrutura como o saneamento e a contaminação, muitas vezes de áreas de córregos. Neste sentido, o problema urbano não pertence a um só sistema e sim ao contexto ambiental como um todo complexo. É consequência disto o destino de águas servidas e de esgoto em locais como praias, mananciais de águas, mangues e o comprometimento do meio ambiente.

Sobre a segregação em condomínios e loteamentos fechados observa-se o surgimento de um anti urbanismo, que absorve o espaço público, sob a forma de cidades muradas, socialmente segregadas e inseguras.

4.3 ESTATUTO DA CIDADE, PRESSUPOSTOS DA AGENDA 21 E HABITAT I, II E III E A LÓGICA SUSTENTÁVEL

O Estatuto da Cidade (BRASIL 2001) estabelece a função social do território, além de referir-se à responsabilidade ambiental. Estabelece o princípio da participação popular como forma de gestão democrática das cidades, neste sentido dá voz à sociedade civil no processo de produção urbana. O atendimento às esferas social e ambiental, neste sentido, são normativas. O território, por sua vez, conforme exposto anteriormente, vem ao longo da evolução urbana apresentando um claro viés econômico e um desequilíbrio quanto às esferas ambiental e social. Uma vez que a sustentabilidade trata da busca de equilíbrio entre as esferas econômica, social e ambiental, há pelo Estatuto da Cidade o reconhecimento de tal desequilíbrio a partir do estabelecimento de lei que fortalece as esferas social e ambiental.

A Agenda 21 da Organização das Nações Unidas, resultado da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, da qual o Brasil participa, estabelece a importância da busca de uma economia mais equitativa, conforme a citação:

> Para fazer frente aos desafios do meio ambiente e do desenvolvimento, os Estados decidiram estabelecer uma nova parceria mundial. Essa parceria comprometidos os Estados a estabelecer um diálogo permanente e construtivo, inspirado na necessidade de atingir uma economia em nível mundial mais eficiente e equitativa, sem perder de vista a interdependência crescente da comunidade.das nações e o fato de que o desenvolvimento sustentável deve tomar-se um item prioritário na agenda da comunidade internacional. Reconhece-se que, para que essa nova parceria tenha êxito, é importante superar os confrontos e promover um clima de cooperação e solidariedade genuínos. É igualmente importante fortalecer as políticas nacionais e internacionais, bem como a cooperação multinacional, para acomodar-se às novas circunstâncias. (ONU 1995, p.12)

O Programa Habitat da Organização das Nações Unidas tem como missão promover ambiental e socialmente o desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos e a aquisição de abrigo adequado para todos. As Conferências da Organização das Nações Unidas, Habitat I, II e III, ocorridas em 1978, 1996 e 2016, respectivamente, consolidaram Agendas que constituem um plano global de habitação. O Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (ONU-HABITAT 2016) se estabeleceu em 1978, como resultado da Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos (Habitat I). A Habitat II, conforme Maricato (2013) "constituiu um duro golpe nas concepções de urbanistas durante todo o século XX, o que pode representar uma vantagem – fim do urbanismo tecnocrático, burocrático e autoritário – ou uma desvantagem – demissão do Estado em relação à regulação do uso do solo" (MARICATO 2013, p.169). A participação social nos processos decisórios e, portanto, a consideração da sociedade civil como agente produtor foi tema de discussão e validação na conferência. Ainda a autora cita paradigmas que marcaram o evento, sendo eles "descentralização e fortalecimento do poder local, parcerias/participação social" (MARICATO 2013, p.172). A Habitat III traz três pilares para um padrão de crescimento sustentável, sendo eles a Política Urbana Nacional - no sentido de estabelecer uma conexão entre dinâmicas de urbanização e o processo macro de desenvolvimento nacional - Leis, instituições e sistemas de governança – entendidos como a base normativa para a ação, considerando a as relações entre os agentes produtores do espaço como instituições e sociedade **– e** Economia urbana – com a preocupação com a relação sadia entre crescimento econômico e urbanização.

Assim como as leis de parcelamento do solo (BRASIL 1979), a lei de destinação de resíduos sólidos (BRASIL 2010) e a lei de mobilidade urbana (BRASIL 2012), entende-se o Estatuto da Cidade, a Agenda 21 e os resultados das Conferências Habitat I, II e III como normativas que, em essência, tratam de preservar o meio ambiente e alinhar-se aos direitos humanos. São normativas que estabelecem uma busca por um equilíbrio, em sua essência reconhecem a estrutura essencialmente econômica das cidades contemporâneas e buscam regular tais desequilíbrios. Ainda que recentes e de conclusões ainda primárias sobre suas aplicações observa-se o alinhamento de tais normativas a uma busca de equilíbrio sustentável. Alinhados a planejamento, projeto e gestão urbanas entende-se que tais normativas podem ser estratégias de qualificação do meio ambiente urbano.

Observa-se no caso brasileiro alguns impactos positivos como o Plano Diretor de São Paulo ao decretar em áreas de alto valor de terra Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) capazes de garantir o acesso e direito à cidade. O Plano Minha Casa Minha Vida (MCMV) e a Lei da Assistência Técnica à Moradia são também instrumentos que tem por essência garantir o direito à moradia. A Lei da Assistência Técnica, ainda que tenha sido firmada em 2008 ainda é incipiente quanto a resultados. Já o Programa MCMV ofertou aproximadamente 2.600.000 moradias entre seu início em 2009 e 2016. Por outro lado, políticas ainda baseadas em economia como o principal pilar seguem aplicando normativas sob a forma de mercados e descumprindo requisitos mínimos ao bem-estar. Assim sendo, o programa social de habitação sofre impactos negativos pela especulação privada, que, visando o lucro, é capaz de oferecer produtos com muito baixa qualidade, segregação e falta de acessibilidade.

5. CONCLUSÃO

Além de comprovar a produção do espaço urbano a partir de uma ótica predominantemente econômica, conclui-se que a cidade brasileira, a partir da lógica de produção de espaço

contemporânea, é insustentável no que tange a uma busca de equilíbrio entre os fatores econômicos, sociais e ambientais.
No contexto brasileiro entende-se que não é por falta de normatização que se dá a insustentabilidade urbana. Ainda, entende-se que o descumprimento de leis nacionais bem como de agendas internacionais se dá coletivamente, sendo difícil exercício a compreensão das relações entre os agentes e as normatizações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCHER, F. *Os novos princípios do urbanismo.* São Paulo: Ed. Romano Guerra, 2010.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n° 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. *Portal da Legislação*, Brasília, jul. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 06 dez. 2016.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n° 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. *Portal da Legislação*, Brasília, dez. 1979. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm>. Acesso em: 06 dez. 2016.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Portal da Legislação*, Brasília, ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 06 dez. 2016.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n° 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. *Portal da Legislação*, Brasília, jan. 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 06 dez. 2016.

HARVEY, D. Cidades rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana. São Paulo: Martins Fontes, 2014.

LEFEBVRE, H. *O direito à cidade*. São Paulo: Ed. Moraes, 1991.

MARICATO, Ermínia. *Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

ONU. *Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento* (1992: Rio de Janeiro). Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: de acordo com a Resolução n 44/228 da Assembleia Geral da ONU, de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21 - Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.

ONU-HABITAT. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/agencia/onuhabitat/> Acesso em: 06 dez. 2016.

ROLNIK, R. *Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças*. São Paulo: Boitempo, 2015.

SOUZA, M. L. *Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e gestão urbanos.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

79. THE CRISIS OF CITIES AS A CRISIS OF URBAN LIFE AND PUBLIC SPACE

BARCELOS, Roberto Hübner (betohubner@yahoo.com.br)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

ABSTRACT
The current crisis of modern cities is not due only to economic factors, but also to our personal crisis as individuals isolating ourselves and losing links to the urban space, to the public sphere and, thus, to one another. The city is not simply an agglomeration of housings, but the result from the interrelation among groups and individuals. Here, it is made a revision of studies about the city by different aspects, particularly in Brazil, analyzing how part of this degradation was not incidental, but several times was intentional by part of agents who try to change the historical role of the city to their own ends.
Keywords: Cities; urban life; public spaces; life quality.

A CRISE DAS CIDADES COMO CRISE DA VIDA URBANA E DO ESPAÇO PÚBLICO

RESUMO
A crise atual das cidades modernas não é devida apenas a fatores econômicos, mas à nossa crise como indivíduos se isolando e perdendo conexões com o espaço urbano, com o público e por consequência, uns com os outros. A cidade não é apenas uma aglomeração de habitações, mas o resultado das inter-relações mútuas entre grupos e indivíduos. A fim de se obter uma visão mais ampla e conjunta deste fenômeno, este trabalho faz uma revisão histórica sobre pontos de vista econômicos, sociológicos, políticos, urbanísticos e ambientais, com ênfase no Brasil, concluindo como parte dessa degradação não se deu somente por motivos incidentais, mas várias vezes intencionais de agentes que buscam mudar a função histórica da cidade para seus próprios fins.
Palavras-chave: Cidades; vida urbana; espaços públicos; qualidade de vida.

1. INTRODUÇÃO

An excellent way of presenting the dilemma to which this paper refers comes from the words of sociologist and urban planner Robert Park: “The city is the most successful human attempt of remaking the world according to his heart’s desires. However, if the city is the world man created, it is also the world, which he is condemned to live in from now on. Thus, indirectly and with no clear notion of the nature of his task, in making the city, the man remade himself” (HARVEY, 2013).
So, if this is the case, why do we watch this crisis in most modern cities, in particular, the ones from developing countries? If the city is one of our best creations, why are we degrading it with increasing levels of social inequality, criminality, isolation, abandonment and environmental problems? The answer is probably in the same sentence: the cities and the world around us reflect what is happening with us; they show what we choose to do as a society.
There may be people affirming that our future as a species depends on our return to nature, in the sense of letting go the megalopolis of today and moving to small autonomous self-sufficient communities. By the way, this looks the aim of many self-proclaimed “sustainable” designs nowadays. The objective here is to show to opposite, as it is in the cities the key to our improvement as a society and the best chance for the resolution of the current crisis, let that be environmental, economic or social one. Cities do not generate diseases; they only strongly expose the consequence

of our choices, but also offer opportunities for us to find new solutions. As in the natural environment, their success depends on the equilibrium among different agents and their capacity to adapt to changes that inevitably come.

Cities are very complex entities, and it is practically unviable to try to explain them by a single viewpoint. In this paper, it is made a review of the works of several authors through more than 50 years of studies in a wide array of factors that may help to explain our current situation. In special, it is argued as the degradation of public spaces and social interrelations among individuals and groups are in the center of these problems.

2. ECONOMICAL ASPECTS

The economical point of view is perhaps the most traditional one to explain modern History, and it is undoubtedly one of the most important ones. Indeed, it is intimately related to the very beginning of cities, since they arouse exactly in places where it was possible to form a surplus production, the one that is beyond a population living needs. In this sense, urbanization was ever a class phenomenon, since the control over this surplus was typically in the hands of a few (HARVEY, 2013). However, in spite of that commercial strength, in Old Age, cities were generally ruled by political and/or religious forces, so that trade activities were relegated to less noble spaces. According to Léfèbvre (1968), the city was (and still should be) a *work*, characterized by its “use value”, not a *product*, that is characterized by its “exchange value”. So much was, that was in the city that the main use value was exerted: the *party*, where products were consumed without bringing any exchange value back. Even during Middle Age, when cities start to be dominated by merchants and bankers, the city still had for them as main value the use, so that huge sums were spent to embellish them and raise their status (LÉFÈBVRE, 1968). The city center, although already a business place, was still also the religious, intellectual and political city center. As says the philosopher, the city depends on that and tend to be destroyed if the exchange value and the generalization of merchandise surpass the use value. However, this is exactly what starts to happen with capitalism consolidation. The oppressive systems from the past are replaced by new exploitative ones, and the new center more and more becomes purely commercial, without the symbols and meanings from the past. Léfèbvre points out as the previous societies, even if oppressive, were at least highly creative and even shaped the romantic ideal city that still remains in popular imaginary – something that modern exploitative cities fail to reproduce.

David Harvey (2013) elaborates further on the capitalism effects over modern cities and advances until contemporary times. According to the author, since capitalism ascension, an intimate connection between this system’s development and urbanism has arisen. In its never-ending search for profits, capitalists always need a way of absorbing their surplus production and reinvesting the profits. Alongside resources as military expenses, urbanization has come to play an active role in this strategy (HARVEY, 2013), especially after the Second War. However, every time one of these resources is exhausted, crises happen in a cyclic way.

Until recently, international capitalism suffered a series of regional breakdowns (the Asian crisis of 1997–98, the Russian of 1998, the Argentinean of 2001), but had always avoided a global break, even in front of a chronic incapacity of investing the excess capital. In the XXI century, in the United States, the real estate industry became the main economy stabilizer, even more after the High-Tec bubble burst in the end of the 90’s. Real estate industry absorbed huge amounts of money through the building of many residences and houses, in city centers and the suburbs. At the same time, the rise in real estate prices – supported by a thriftless wave of mortgages refinancing at a record low interest – boosted the American inner market of services and consumer goods. The American urban expansion served to stabilize partially the global economy, and stimulated similar examples in

several other places. In many cases, that happened in cities hit by a flood of poor immigrants as Johannesburg, Taipei, and Moscow, or where there was an excess of richness, as Dubai and Abu Dhabi, places where astounding mega-urbanization projects arose with the maximum of ostentation, social injustice and environmental wastage (HARVEY, 2013).

Several national economies came to depend on that circuit: land speculation, “creation” of capitals, reinvestment in building and so on. However, this is a fragile circuit that may break at any time, once it relies on a fictitious, artificially sustained prosperity (LÉFÈBVRE, 1968). Recently, the whole world felt the effects when the American mortgage crisis revealed the weakness of this system and lead most of the world into an economic recession. Nevertheless, while capitalists do not find another way of dealing with the problem, the cycle repeats itself, as it is happening now in Brazil.

This kind of urbanization has the cost of promoting a strong process of creative destruction, which despoils the masses from any right to the city. In a local level, as much as possible to the investor, the roles that once were public and free are progressively transferred to private spaces. In this sense, the degradation of public spaces is not merely accidental: they must lose value so that the value of the private ones increases. Our own way of life is becoming privatized, as we search for leisure and satisfaction in places and artifacts that need to be paid, instead of in activities that the public could offer. Not only is the space exploited: the global strategy aligns so that there is “a refined exploitation of people, at the same time as producers, as product consumers, as space consumers” (LÉFÈBVRE, 1968).

All this process generate urban areas more and more split and prone to conflicts, in the measure that economic inequality increases. In the last thirty years, the wealth concentration is returning to the levels before the Great Wars (PIKETTY, 2013). In a global scale, it grows the number of billionaires as the poor income stagnates or decreases. The consequences are recorded in our cities spaces, which more and more consist in fortified enclaves, closed condoms and privatized public spaces kept under constant surveillance (HARVEY, 2013).

3. SOCIOLOGICAL ASPECTS

Léfèbvre (1968) defends that urban life implies in encounters, confrontation of differences, knowledge and reciprocal acknowledgments (including the ideological and political fields) of the ways of living, of the “patterns” that coexist in the city. In the same principle, the German sociologist Georg Simmel advocates that personal growth can only be fulfilled in an urban society, “because culture exists only if the man brings top his development something that is external to him” (THOMPSON, 2007). Simmel proposes that individuality develops as result of the involvement in ever larger groups, once their natural and healthy tendency is to find out things they have in common and form productive connections among them. “As long our social circles increase, the same happens to our chances of developing distinction, the one which is unique, the sufficiency of our inner lives”. The implication is clear: since we develop as individuals the more we relate to other people, the best environment for this process is a big and intricate society (THOMPSON, 2007).

Several ideas and revolutions could only start and spread thanks to this urban life. Léfèbvre (1968) argues even that great part of the urban interventions in the last centuries was purposely planned (even if unconsciously) to stop these movements. The first great act in this way would have been the reurbanization of Paris by Haussmann, that later became a model for many other cities. In spite of several innovations and benefits, especially hygienic, its outcome was the eviction of the proletariat from the city center and its scattering over more distant neighborhoods. Also in design elements as the new, long, orderly and imposing avenues, the power of State over daily life was manifested (LÉFÈBVRE, 1968).

Another huge act affecting urban life was the creation of suburbs. Thompson (2007) professes an interesting and strong point of view of what he considers as being the negative side of this new form, distinct both from the urban as from the rural form. For the author, while urban environments are characterized by diversity, high density of social interactions and a constant exposure to differences and novelties able of stimulating a sense of openness and innovation (as Simmel advocates), the suburban life is characterized by an isolation from these activities and from other external forces. Suburbs, thus, would be the spatial manifestation of the liberal political and cultural utopia: be able to separate the public and the private at will, and to live relieved from the several demands of public and social life. This kind of configuration promotes a disconnection from other people, reduce the face-to-face interactions, eliminates in great measure the square as the community center, strengthens an undue emphasis on the private property over the public concerns and becomes the spatial manifestation of the social atomism that is typical of modern capitalist society (THOMPSON, 2007).

The author goes beyond through the analysis of this spatial transformation allied to the economic and social changes of the post-war period – increase of work hours and consumerism. In suburban life, in particular, the American one, the citizens spend more time confined to two highly anti-democratic institutions: the work environment and the family. The consequence of this increasing emphasis on the individual and the family is what the author calls “new provincialism”, where an inhabitant becomes ignorant of other cultures (including local ones), even with the growth of globalization and world interdependency.

However, the suburbs proliferation is not due only to external influences, but also to their seduction in front of the challenges of urban life. According to Simmel, the essence of individual life and of sociability is discovered in the continuous transgression of the group frontiers, what is a hard experience for the individuals. Facing the disconcerting stimuli from the enormous variety of groups in a metropolis, it is natural that the individual tends to raise barriers to block this dissonance. “This protection is not emotional, but “rational”, through the intensification of the less sensible conscience, taken from the deepness of personality, which makes the individual seemingly indifferent to his pairs” (THOMPSON, 2007).

4. POLITICAL ASPECTS

From the political point of view, we have from Léfèbvre (1968) that the city also is threatened by the own power of the State and from the big economic interests, which would tend always to devalue, degrade and destroy the urban society for being an “intermediate level”, an autonomous entity between them and the population. Acting as allies or competitors, the State and the Enterprise would tend in this way to get to themselves the roles that were prerogatives of urban society (LÉFÈBVRE, 1968). In opposition to this perspective, Léfèbvre politicizes the social production of space, taking the citizens viewpoint (not the administration one), settling the right to the city in their fight for the right to create and fully use the social space (DELORENZO, 2011).

Facing the legal obstacles is one of the greatest challenges. In Latin America, the legal order itself has historically played a decisive action in the production and reproduction of social inequalities, whose general effects are well known: social-spatial segregation, territorial exclusion, and urban-environmental degradation, punishing especially the poorest layers of society (TRINDADE, 2012)

In Brazil, however, after several changes, highlighting the “City Statute”, the current Brazilian legislation is considered one of the most advanced ones in the matter of urban policy, establishing norms that “regulate the use of urban property in favor of the collective good, of safety and of well-being of citizens, as well the environmental equilibrium” (BRASIL, 2001). The City Statute imposes

restrictions on the individual property right to guarantee a minimum of safety and well-being to the citizens excluded from the formal housing market, that is, those people who cannot pay for a good location. The Statute bases itself on the social principle of property, restraining real estate speculation, and on the democratic management of the city and compulsory participation (TRINDADE, 2012).

In a global level, a similar initiative comes from the "World Charter for the Right to the City", elaborated in the 2004 World Social Forum. It also advocates the social role of the city and of the property, clearly establishing that the city "must guarantee for all its inhabitants the total usufruct of the available resources" and that it "must take the realization of projects and investments for the benefit of the urban community as a whole (...), in harmony with nature, for the current and future generations". "In the formulation and implementation of urban policies, the collective social and cultural interest must prevail over individual property rights and speculative interests" (WSF, 2005).

Nevertheless, until the Statute objectives are felt in practice, it will be a long path. Similar ideas already existed since the constitutions of 1934, 1946 and 1969, but in the legal interpretations and for the private, the prevailing understanding always defended the right of property as an unrestricted and absolute right in front of any other. Following the legal paradigm from Classic Liberalism, the Brazilian Civil Code defended "the property right almost absolutely", what severely limited the action of public power and overstimulated real estate speculation (TRINDADE, 2012). In this way, an apparently paradoxical situation emerged: while a huge population contingent crowded in the outskirts of the city, living in extremely precarious conditions, innumerable empty terrains and properties conformed the urban landscape – great part even in the central area (TRINDADE, 2012).

In most of Latin America, the growth of urban areas has not been determined by the necessity of accommodating the population, but for the real estate speculation interests. For example, in São Paulo city, the IBGE census for 2010 accused the existence of 290 thousand empty properties in the city, more than enough to shelter all the population then still living in the city in risk zones (around 130 thousand families) (ESTADÃO, 2010).

One of the most significant heritages from the Brazilian colonial formation consists in a patrimonialist mentality, deeply ingrained in the social tissue, which contributes decisively to reinforce the conception of the property right as something holy and inviolable, even by those who do not have it (TRINDADE, 2012). The price to be paid for this "choice" also included an intense environmental degradation, since a great part of the poor informal housings is built along streams, on the shores of sources of public water supply and on hill slopes, contributing to disasters that take lives periodically (MARICATO, 2011). By the way, the public power connivance to the illegal occupation of urban lands by the poor must be understood even as a strategy to cushion social tensions. However, there is an implicit condition for this tolerance: the lands must be out of the private market interests (MARICATO, 2010).

Finally, an important aspect to be analyzed here is what is understood as *citizenship*, because this is crucial to the role, rights, and duties that are expected of every citizen in society. The definition of the sociologist Thomas H. Marshall (1949) is of great value to this understanding. According to his analysis, "citizenship" refers to a status that allows the individual to fully participate in the political community and in the social heritage, a process whose effectiveness depends on a large scale on the construction of a feeling of belonging, able to connect the individuals to a wider community. Further, citizenship can be divided into three classes, in relation to their corresponding rights: *civil*, *political* and *social*. While the *civil rights* widen with the no-interference of the State, being understood as "liberties", the *social rights* depend on the State protection to be guaranteed, being understood as "powers". From this duality comes that the fight for citizenship develops naturally from the conflict between liberties and powers. Not by accident, Marshall affirmed that in the XX Century citizenship

and capitalism were at war (and they surely still are today), since the first is based on the principle of equality, while the second on the principle of inequality. Thus, citizenship and capitalism would conform antagonistic poles (TRINDADE, 2012)

5. URBANISTIC ASPECTS

While urban planning should be a relying source to help to solve many of urban issues, historically, it has many times been guided by polemic ideas, and was even accused of directly contributing to great part of our current city crisis. Much of this comes from the intrinsic difficulty of understanding urban phenomena, as also, from the interpretation of which qualities a city should offer or not to help to improve our lives and to evolve us as a society.

Léfèbvre (1968) in his “Right to the City” criticized the traditional urban planning by formulating all city problems as spatial questions. Therefore, if something in a place was not working as desired, urban planners would consider that there was a “space pathology”, that could be related to “healthy spaces” or “unhealthy spaces”. For Léfèbvre, however, this priority of space over time (in this case, the place history) was by itself a social pathology.

For Jane Jacobs (1961), great part of the problems of modern cities don’t come from a lack of planning, but in opposite, from an “orthodox urbanism” that not only ignores the way big cities really work, as is based on principles that were by origin clearly established to end big cities and reduce them to small self-sufficient communities. This urbanism’s origin would be in Ebenezer Howard’s garden cities, which by the words of Jacobs (1961) would be “really nice towns if you were docile and had no plans of your own and did not mind spending your life among others with no plans of their own. As in all Utopias, the right to have plans of any significance belonged only to the planners in charge.” Howard’s garden city was a so utopian element that sustained itself only by ignoring any urban aspects that could not be abstracted to serve his Utopia, such as how people “police themselves, or exchange ideas, or operate politically or even invent new economic arrangements” (JACOBS, 1961). Even so, it deeply inspired all urban planning in the XX century and still has a longing influence.

Simon Richards (2007) analyzes the historical evolution of how cities are perceived and tries to explain this contradiction in urban thinking. In spite of cities being undoubtedly valued today as excellent places for social activity, throughout most of History, negative and antisocial views were the predominant ones. Since Plato – who claimed that an urban population free to socialize indiscriminately would become corrupt and dominated by their sexual and consumerist impulses –, passing through medieval theologians – who considered the city irredeemably wicked – until more modern thinkers as Rousseau and Pascal – who advocated an autonomous and solitary life as a better way to the human development –, it can be seen that the idea of the city as a beneficial environment for socialization is relatively recent (RICHARDS, 2007). It was from John Locke and after from Simmel that these new ideas flourished and spread.

Nevertheless, it is surprising that in the moment the old current of thought started to decline, it was rescued exactly by urban planners who were in the “vanguard” of modern thinking, as Le Corbusier. Among many examples, he elaborated plans that would lead (as he himself referred) to the “death of the street”. By proposing the obliteration of secondary routes and stores, limited space for cafeterias, community centers, and theaters, besides scattering them in big distances and building them with brute materials as concrete, glass, and steel, Le Corbusier showed his contempt for the street stirring – exactly the main aspect that today’s urban planners esteem. Every aspect of his cities was designed to keep people apart and maximize the time they spent alone (RICHARDS, 2007).

Not a surprise, Brasilia, the first big city totally funded on modernist principles, was, according to the acclaimed Danish architect Jan Gehl, made with great artistic skill, “but not thinking about the people who had to move around. The blocks are absolutely impossible for people, all the structure is not made for locomotion, but to be appreciated from a helicopter. (…) These architects and engineers didn’t know what was good for people because the tradition of how was done in the old cities wasn’t taken into account in that time.” (MARTINI, 2016) He continues on how many architecture students even today never had contact with the works of Jane Jacobs, but know Le Corbusier. “The education I had in the 50’s was how Brasília is the best thing mankind has ever done. It took me years to understand what was wrong and how to do better. I believe that many Architecture and Urban Planning schools continue dedicated to an Architecture designed for the own architects, and not to an Architecture as a way to make people happy and with a richer and more qualified life.” (MARTINI, 2016).

Jacobs, on the other hand, started to revert this trend in the 60’s and defended the principle that cities need a more complex and dense diversity of uses, one that allows a mutual and constant support, as economic as social. For her, unsuccessful urban areas are exactly the ones that lack this kind of mutual complex support, so that the science of urban planning and the art of urban design, in real life and real cities, should be the science and art of catalyzing and nurturing these relationships. She also condemned the idea that a good planning is the one where every detail was previously decided, where a community should have every meaningful activity controlled by the planners since the beginning and kept that way, resisting to future changes (JACOBS, 1961). Even before sustainability became a trend, her vision of an ideal big city shared values with the notion of a “city as a living being”: it should be able to adapt and constantly evolve from its own experiences and changes that inevitably happen with time.

Nowadays, inspired by these ideas, the self-called “new urbanism” is arising, which aims to design new cities and retrofit the existent ones in order that in their spaces, socialization is not only easy but also inevitable. This movement defends walkable spaces, where the use of individual motorized transports be reduced to a minimum and there is a dense integration among all urban activities. Furthermore, this movement seeks to favor small local business before multinational corporations and, above all, to strengthen civic values and citizenship through a wide participation in public issues (RICHARDS, 2007).

6. ENVIRONMENTAL ASPECTS

Urban areas create a series of environmental challenges, from the consumption of natural resources to the subsequent generation of residues and pollution, which also contribute to social and economic unbalances. As cities around the world grow, these problems become bigger and demand new solutions. The challenge of planning sustainable cities is considering the dynamics of urban cities, the fluxes of matter and energy and the role and maintenance of structures direct or indirectly supplied by natural systems. However, the researchers’ task is not only in the use of technologies and in a good technical plan; it is also in managing human activities and our search for prosperity and well-being in an urban environment. It is not only in considering the relations between man and nature but among ourselves (WESSEX, 2015).

The degraded city deprives us of the access to more natural life conditions, as much physically as by our way of life. However, many times the claim for our “right to nature” is answered in a twisted way. The same systems that denied us that right, also offer us it back as an exchange value (as Léfèbvre would say), through artificial recreations in private parks, ecological condominiums or

country hotels. This return to nature in a modern life is merely apparent, if it is enjoyed following the same rules as in the city (mainly, as in a suburb) and with a way of life that is not truly urban or rural. This is not a claim to leave the cities, in the opposite. As Léfèbvre (1968) says, this artificial "return to nature" is in itself a corruption of the right to the city and a symptom of a degraded city. In other words, a healthy life urban life should offer the access to nature as one of its roles; if that is not happening, it is not an intrinsic city problem, but a deficiency that should be fixed. Moreover, a *real* immersion in a natural environment would also imply in the necessary abandonment of a life as a citizen, with rights and rules towards society, what on a large scale would lead to the end of cities – what would lead to the loss of developments that were only possible because of them. Therefore, the right to a sustainable city is something to be looked (and fought) for inside the urban life, and it is in this way that the environmental impact of cities can be effectively reduced and the planet as a whole made sustainable.

7. CONCLUSIONS

In many situations today, we can see how dwellers deal with the crisis of the city, conscious or not of their actions. Socially, several groups seek to restore (even if precariously sometimes) the spaces for meeting, let that be through the creation of new spaces or through the reoccupation (sometimes by force) of previously lost spaces. "At the same time a place for meetings, convergence of communications and information, the urban becomes that it always was: place of desire, permanent imbalance, head of dissolution of normalities and constraints, moment of the playful and the unpredictable." (LÉFÈBVRE, 1968).

A living city must allow its dwellers the freedom to act, product and interfere in the urban space, not relegate them to passive users. When people are restricted to their private spaces, the popular action becomes much more limited. The appropriation does not have to do to property, but to use, and it needs to happen collectively as a condition to the individual appropriation (DELORENZO, 2011).

However, the social movements from the urban and suburban areas usually have no connection to each other. But if in some way that managed to unite themselves, what should they demand? According to Harvey (2013), the answer is simple: a greater democratic control over the production and use of profit. Real estate speculation is one of the main challenges to be faced in any modern city and cannot be won solely with public policies, but acting directly on the economic system that stimulates it. Look to the Brazilian case that, since 2001, has approved the City Statute, after years of social pressure, but until today has not put this Statute to significant effective use. Citing Harvey, we can argue this is because the social movements have not yet converged to the single objective of gaining more control over the uses of money – and even less over the conditions of its production (HARVEY, 2013).

A step towards the unification of these fights is to adopt the right to the city as a slogan and as a political ideal, precisely because it raises the question of who commands the relation between urbanization and economic system. The democratization of this right and the building of a wide social movement to assert its will are imperative so that the dispossessed can reclaim the control that for long has been denied and to implement new forms of urbanization. "Léfèbvre was right in insist that the revolution must be urban in the widest sense; in the contrary, it won't be nothing" (HARVEY, 2013).

The right to the city is, however, a hard right and that demands quite some time to be exerted. The conscious production of space, let be perceived or lived, is an arduous task, almost like a second job. Not all citizens are willing to do that, and it is not surprising why it is ignored so many times. Notwithstanding, so that the now underprivileged citizens can start to live in a pleasant, accessible

and fair city, it depends on them, and only on them, to “roll up the sleeves” and start to work for that (PLYUSHTEVA, 2009).

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

BRASIL. Lei nº. 10.257 de 10 julho de 2001, que regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, ano 138, n. 133, p. 1-2, 11 de julho de 2001.

DELORENZO, Adriana. “Henri Lefebvre, inventor do direito à cidade”. Portal Fórum, 2011. Available in: http://www.revistaforum.com.br/blogdascidades/2011/07/25/henri-lefebvre-inventor-do-direito-a-cidade/ Accessed in 10.08.2015.

ESTADÃO. “São Paulo tem 290 mil imóveis sem moradores”. Estadão, 7 de dezembro de 2010. Available in: http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,sp-tem-290-mil-imoveis-sem-moradores,650404,0.htm Accessed in 10.08.2015.

HARVEY, David. “O direito à cidade”. Piauí, n. 82, 2013.

JACOBS, Jane. The Death and Life of Great American Cities. New York: Random House, Inc, 1961.

LÉFÈBVRE, Henri. O Direito à Cidade. [1968]. São Paulo: Ed. Centauro, [Original 1968] 2008.

MARICATO, E. “O estatuto da cidade periférica”. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. (orgs.). O estatuto da cidade: comentado. São Paulo: Ministério das Cidades/Aliança das Cidades, 2010.

MARICATO, E. “Metrópoles desgovernadas”. Estudos Avançados, v. 25, n. 71, 2011.

MARSHALL, T. H. Cidadania, classe social e status. Rio de Janeiro: Zahar, [Original 1949] 1967.

MARTINI, Priscila de. “Jan Gehl: "O carro é uma ideia ultrapassada nas cidades". In: ZH Vida e Estilo, 26.11.2016. Available in: http://zh.clicrbs.com.br/rs/vida-e-estilo/noticia/2016/11/jan-gehl-o-carro-e-uma-ideia-ultrapassada-nas-cidades-8485609.html Accessed in 01.12.2016.

PIKETTY, Thomas. O capital no século XXI. Rio de Janeiro: Intrínseca, [Original 2013] 2014.

PLYUSHTEVA, Anna. “The right to the city and the struggles over public citizenship: exploring the links”. The Urban Reinventors Online Journal, n. 3, 2009. Available in: http://www.urbanreinventors.net/ Accessed in 10.08.2015.

RICHARDS, Simon. “The antisocial urbanism of Le Corbusier”. The Urban Reinventors Online Journal, n. 2, 2007. Available in: http://www.urbanreinventors.net/ Accessed in 10.08.2015.

THOMPSON, Michael J. “The suburban assault on democracy”. The Urban Reinventors Online Journal, n. 2, 2007. Available in: http://www.urbanreinventors.net/ Accessed in 10.08.2015.

TRINDADE, Thiago Aparecido. “Direitos e cidadania: reflexões sobre o direito à cidade”. Lua Nova, n. 87, p. 139-165, 2012.

Wessex Institute. “Sustainable City 2015”. 10th International Conference on Urban Regeneration and Sustainability, 2015. Available in: http://www.wessex.ac.uk/15-conferences/sustainable-city-2015.html Accessed in 10.08.2015.

World Social Forum. World Charter for the Right to the City. 2005. Available in: http://tint.org/2011/10/world-charter-for-the-right-to-the-city/ Accessed in 10.08.2015.

89. ENSAIOS URBANOS PARA O ENTORNO DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS "MINHA CASA MINHA VIDA" NO MUNICÍPIO DA SERRA

SANTOS, Cynthia Marconsini L.[1](c.marconsini@gmail.com); JORGE, Liziane de Oliveira[2] (lizianej@gmail.com); TALIULI, Iuri Ferreira[3](iuritaliuli123@gmail.com), MARQUETTI, Letícia Gobetti[4] (leticia.gobetti@hotmail.com), DRAGO, Lydia Oliveira[5] (lydiadrago@hotmail.com),*
[1, 3, 4,] Grupo ArqCidade, Universidade Vila Velha (UVV), Brasil
[2]Grupo ArqCidade, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O município da Serra, no Espírito Santo, a partir dos anos 2000 passou a abrigar uma porção generosa de lançamentos imobiliários oriundos dos programas subsidiados pelo governo federal. Foram 84 empreendimentos habitacionais verticais multifamiliares implementados após os anos 2000, sendo mais de 50% implementados após o lançamento do programa Minha Casa Minha Vida (SANTOS e JORGE, 2016). A maioria dos empreendimentos implantados se configura como enclaves fortificados segregados do espaço urbano circundante. São monofuncionais, com programa estritamente residencial, ocupando grandes externsões de área e cercados por extensos muros opacos. Os resultados sócio-espaciais são trágicos no que se refere à vitalidade e à paisagem urbana. Os entornos dos empreendimentos são lugares inóspitos, inseguros, desincentivando a caminhada a e a permanência de pessoas. Esta pesquisa propõe o desenvolvimento de pequenos ensaios projetuais, apresentando uma proposta de transformação da realidade estabelecida no município. Apresenta estratégias de transformação que possam ser incentivadas pela legislação municipal e executada pelos próprios condomínios. O desenvolvimento das propostas foi norteado pelo estabelecimento de seis principios para uma melhor relação entre os limites do empreendimentoss e o espaço urbano: acessibilidade, sombreamento, mobiliário, visibilidade, permanência e multifuncionalidade. Os ensaios propõem pequenas intervenções sobre o construído através da aplicação destes princípios em propostas de alterações nos limites estabelecidos pelos empreendimentos residenciais multifamilares. Busca-se, através das propostas, refletir sobre a relação entre a forma arquitetônica e vitalidade urbana e incentivar processos de transformação da realidade a partir de ações que resgatam o interesse do pedestre para circular e permanecer no espaço público.
Palavras-chave: Vitalidade Urbana, Forma Urbana, Minha Casa Minha Vida, Microplanejamento urbano.

URBAN ESSAYS FOR THE SURROUNDING OF "MINHA CASA MINHA VIDA" HOUSE DEVELOPMENTS IN MUNICIPALITY OF SERRA

ABSTRACT
The municipality of Serra, in the state of Espírito Santo, began to house a generous portion of real estate launches from the subsidized programs of the federal government. There were 84 multifamily vertical housing developments implemented after 2000, with more than 50% implemented after the launch of the Minha Casa Minha Vida (SANTOS and JORGE, 2016) program. Most of the projects are set up as fortified enclaves, segregated from the surrounding urban space. They are monofunctional, with a strictly residential program, occupying large areas and surrounded by extensive opaque walls. The socio-spatial results are tragic in terms of vitality and urban landscape.

The surroundings are insecure, inhospitable places, discouraging the walk and the permanence of people. This research proposes the development of small design essays presenting a proposal of transformation of reality established in the municipality. It presents strategies of transformation that can be encouraged by the municipal legislation and executed by the condominiums themselves. The proposals was guided by the establishment of six principles for a better relation between the limits of house developments and the urban space: accessibility, shading, furniture, visibility, permanence and multifunctionality. The essays propose small interventions through the application of these principles in proposals of changes in the limits established by the multifamily residential projects. Through the proposals, it is sought to reflect on the relationship between the architectural form and urban vitality and to encourage processes of transformation of reality from actions that rescue the interest of the pedestrian to circulate and remain in the public space.
Keywords: Urban vitality, Urban form, Minha Casa Minha Vida, Urban Micro-planning

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do espaço urbano depende de fatores inter-relacionados cujo desempenho deve ser analisado de forma sistêmica: forma urbana, mobilidade, acessibilidade, uso de solo, entre outros. No que concerne ao estudo da forma urbana o escopo é abrangente: dimensão e traçado das ruas, desenho e a dimensão de lotes e quadras, limites estabelecidos entre edifícios e calçada, densidade urbana, forma da massa edificada, paisagem. No cerne deste escopo, um recente interesse se destaca na investigação sobre os efeitos sociais da morfologia arquitetônica e sua contribuição sobre a vitalidade urbana (AGUIAR, 2010; NETTO et al, 2012; HOLANDA et al, 2012; GHEL, 2013). Tais investigações partem do pressuposto de que há uma relação indissociável entre espaço e sociedade e embasa-se na crítica de Jacobs (2000) sobre a perda de vitalidade dos espaços urbanos da cidade moderna.

Na composição da forma urbana o edifício possui um papel protagonista. A inserção urbana do edifício, a forma da massa edificada, o arranjo programático, a implantação, o tratamento dos limites, a permeabilidade espacial, são elementos essenciais na caracterização e qualificação do espaço urbano. Esses fatores em conjunto influenciam a dinâmica do espaço urbano e consequentemente sua qualidade. Gehl (2013) defende a cidade como um lugar de encontro e adverte para a necessidade de se criar oportunidades para que se estabeleça a “vida entre os edifícios”. Para tanto é necessária maior preocupação com o pedestre e com as oportunidades criadas para caminhar, permanecer e incentivar o convívio social.

Verifica-se nas últimas décadas uma forte tendência no mercado imobiliário brasileiro na produção de empreendimentos voltados para a habitação coletiva que ofertam tipologias configuradas como enclaves fortificados. Sobressaem-se pela presença de obstruções físicas bem delineadas, que reforçam o discurso da segurança e delimitam uma fronteira abrupta dos demais espaços públicos urbanos. Os enclaves são manifestados, inclusive, em empreendimentos provenientes de cooperativas habitacionais e nos empreendimentos cujas unidades recebem subsídios de financiamento do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). Nos empreendimentos MCMV é fundamental para o mercado imobiliário o quesito localização periférica para viabilizar a produção residencial em massa, uma vez que a redução de custos está diretamente associada à espacialização urbana das unidades longe dos centros urbanos. O poder de decisão sobre a localização, tipologia e escala dos empreendimentos foi direcionado exclusivamente ao mercado imobiliário. Para tanto o critério está pautado na rentabilidade e os efeitos “colaterais” são comuns em todo o Brasil (ROLNIK, 2015): inserção urbana periférica, lotes de grandes dimensões, predomínio da monofuncionalidade, repetição e monotonia arquitetônica, presença de grandes

extensões de muros opacos no perímetro. Cria-se assim um círculo vicioso: os edifícios se isolam do espaço urbano inóspito e por sua vez o espaço urbano configura-se como um espaço exclusivamente de passagem.

O município da Serra, localizado na região da Grande Vitória, no Estado do Espírito Santo, a partir da década de 2000, passou a abrigar uma porção generosa de lançamentos imobiliários destinados a habitação multifamiliar, em grande marioria configurados como enclaves fortificados verticalizados (Figura 1). A pesquisa desenvolvida por Santos e Jorge (2016) no período entre 2013 a 2015, mapeou e avaliou a inserção urbana de 84 empreendimentos habitacionais verticais multifamiliares implementados após os anos 2000, no município. Destes, mais de 50% foram implementados após 2009, com o lançamento do programa Minha Casa Minha Vida. Os impactos sociais e urbanos relativos à multiplicação dos enclaves fortificados confere ao espaço urbano características avessas ao que Gehl (2013, p.6) define como “cidades vivas, seguras, sustentáveis e saudáveis” pautadas na preocupação com o pedestre, com os ciclistas, com a vitalidade do espaço urbano e com a dimensão humana nos processos de planejamento urbano.

Considerando que o atual cenário se repete nas grandes cidades brasileiras pergunta-se: Quais ações podem ser estabelecidas nos empreendimentos já construídos a fim de minimizar os impactos sociais e urbanas já adquiridos? Quais ações podem ser implementadas nos planos diretores municipais que possam impactar positivamente no microplanejamento, incentivando estratégias positivas relacionadas à vitalidade urbana?

Figura 1. Empreendimentos habitacionais multifamiliares construídos no Município da Serra, na região da Grande Vitória após o ano de 2000.



Características comuns aos empreendimentos: Localização periférica, monofuncionalidade, lotes de grandes dimensões, grandes extensões de muros opacos, repetição e monotonia arquitetônica. Fonte: os autores

2. OBJETIVO

Esta pesquisa propõe o desenvolvimento de ensaios urbanos de transformação dos limites estabelecidos em empreendimentos habitacionais multifamiliares configurados como enclaves fortificados. A partir do estabelecimento de princípios qualitativos para melhor relação entre os limites do empreendimento e o espaço público contíguo, visa propor soluções viáveis de intervenção sobre o construído.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa se desenvolve em duas etapas: definição de princípios qualitativos para os limites de empreendimentos habitacionais multifamiliares e aplicação dos princípios em estratégias de transformação de empreendimentos construídos.
Os princípios estão fundamentados na leitura e síntese de importantes autores que atuam no campo da investigação da qualidade arquitetônica residencial (PEDRO, 2002; LUCINI, 2003; FÁLAGAN, MONTANER E MUXI, 2011) e no campo da humanização do espaço urbano (GEHL, 2013; JACOBS, 2000; WHYTE, 2013). Foram planejados para uma relação harmoniosa e positiva entre os espaços privados de empreendimentos habitacionais e o espaço público a seu redor: a calçada, a rua, a praça. Colaboram para maior vitalidade do entorno e para a maior permanência e circulação de pedestres. Seis princípios foram definidos: acessibilidade, arborização, mobiliário urbano, visibilidade, permanência e multifuncionalidade (tabela 1).

Tabela 1. Princípios qualitativos para limites de empreendimentos habitacionais multifamiliares inseridos em áreas de baixa vitalidade urbana.

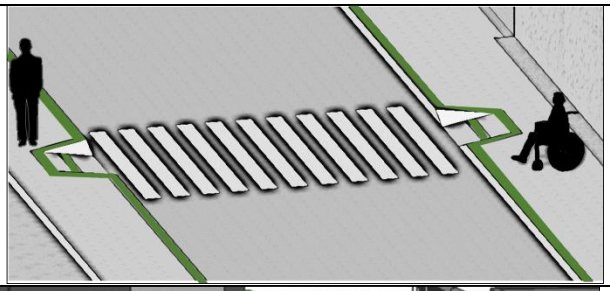
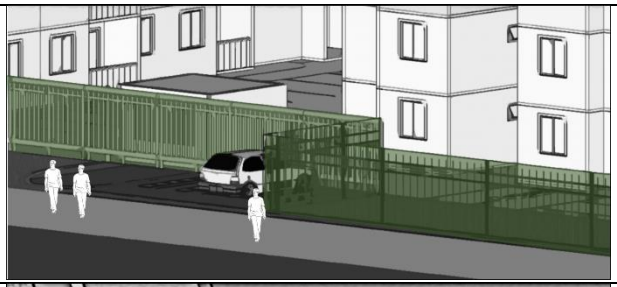
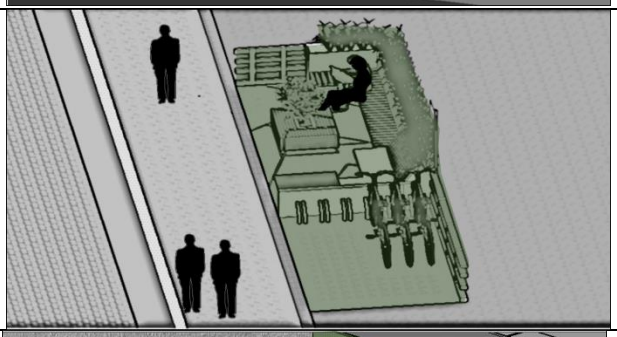
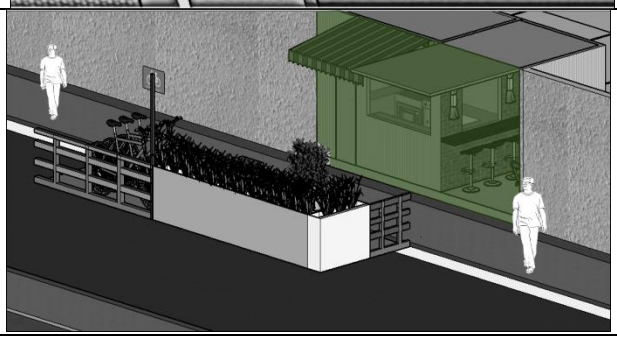
Acessibilidade O Princípio da acessibilidade contempla a proposição de calçadas acessíveis, com percursos livre de obstáculos, convidativa ao pedestre, evitando as passagens em níveis. Contempla ainda o acesso seguro ao condomínio, preferencialmente próximo das faixas de pedestres, proporcionando conforto aos usuários.	
Sombreamento O princípio do "sombreamento" contempla a proposição de arborização ao redor dos condomínios, permitindo caminhadas confortáveis ao pedestre e a composição de paisagens urbanas mais dinâmicas. A presença da vegetação colabora ainda para permanência dos usuários no espaço público e para uma melhor paisagem sonora no entorno dos condomínios.	
Mobiliário A possibilidade de inserção de mobiliários nas calçadas colabora para a permanência de pessoas no espaço público, garantindo sua vitalidade. Os mobiliários podem estar estrategicamente posicionados em locais com aglomeração de pessoas: próximo a pontos de ônibus, próximos a equipamentos comerciais. Esse princípio pode estar associado ao princípio da multifuncionalidade.	

Tabela 1 (continuação) Princípios qualitativos para limites de empreendimentos habitacionais multifamiliares inseridos em áreas de baixa vitalidade urbana.

Visibilidade O princípio da visibilidade está relacionado a maior integração visual entre o interior de empreendimentos residenciais e o espaço urbano circundante, permitindo "ver e ser visto". Colabora para a vigilância natural do espaço público e maior segurança do pedestre que caminha ao redor do condomínio. Deve-se priorizar a composição de muros permeáveis.	
Permanência Existe atualmente uma forte discussão sobre a ampliação dos espaços públicos de uso livre em detrimento do espaço urbano dedicado ao automóvel. Algumas ações ocorrem nesse sentido, como a substituição de estacionamento por praças ou a inserção de elementos móveis, como os *parklets*: soluções flexíveis e rápidas para a ampliação do espaço público, permitindo maior permanência das pessoas no espaço urbano.	
Multifuncionalidade O espaço urbano deve permitir funções heterogêneas e complementares. A inserção do uso misto em empreendimentos habitacionais colabora para que o espaço térreo dos empreendimentos e seus limites possuam fachadas mais ativas, com maior vitalidade, garantindo maior fluxo e permanência de pessoas ao longo do dia.	

Fonte: autores

A segunda etapa da pesquisa consistiu na modelagem digital tridimensional de empreendimentos selecionados, visando a confecção de diagramas volumétricos necessários ao desenvolvimento de ensaios projetuais. Foram realizadas fotomontagens, perspectivas humanizadas, planos de massa, plantas baixas humanizadas. Este trabalho apresenta de forma resumida, dois ensaios projetuais realizados: O condomínio Paço da Serra e os condomínios recreio das Palmeiras e Recreio das Laranjeiras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O condomínio Paço da Serra está localizado no limite de uma zona consolidada em uma região ainda em expansão, no bairro Chácara Parreiral, no município da Serra. A área do lote efetivamente ocupada possui uma área de 58100m². O empreendimento totaliza oito torres verticais distribuídas a cada duas, em quatro condomínios de acessos independentes, e compartilhamento a mesma área de lazer. Em seu entorno próximo existem pequenos comércios que atendem necessidades básicas dos moradores da região, porém o percurso a pé até os estabelecimentos comerciais é inseguro

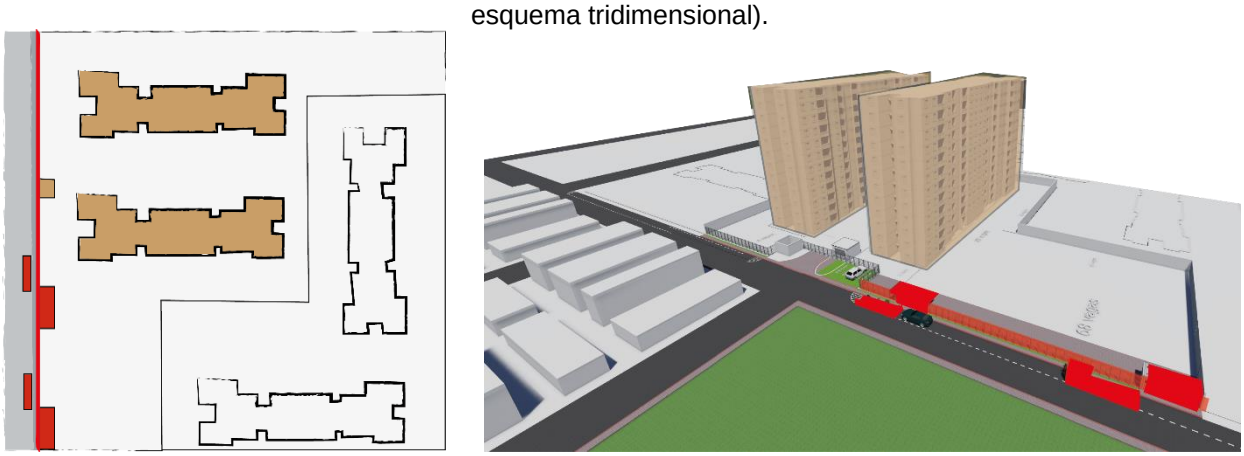
devido à ausência de vitalidade urbana nas imediações do condomínio. Em questionário realizado na pesquisa elaborada por Santos e Jorge (2016) apenas 49% dos respondentes afirmaram que realizam percursos a pé com frequência no entorno do condomínio e 51% afirmou que não se sente seguro ao caminhar. Em conversar informais, vários moradores relataram que há um grande índice de assaltos ao redor do condomínio. Todo o limite do terreno é cercado por muros opacos configurando fachadas inativas.

A proposta de intervenção propõe a utilização de quatro princípios qualitativos: sombreamento, visibilidade, permanência e multifuncionalidade. Propõe-se o sombreamento da calçada com árvores proporcionando conforto ao caminhar; a substituição do muro por gradis permitindo maior visibilidade da calçada; a inserção de módulos comerciais junto aos limites para dinamizar o entorno e a inserção de mobiliários para permitir a permanência de pessoas (Figura 2. 3 e 4).

Os módulos comerciais podem ser executados a partir da adaptação de containers para usos diversos: bancas de revista, pequenos salões de beleza, floricultura, lanches rápidos. A utilização do container permite fácil inserção na estrutura existente do condomínio, sem grandes impactos. O custo para a implantação do container comercial pode ser financiado pelo próprio condomínio, e o retorno para este investimento se dá a partir do aluguel do módulo para micro-empresas. Uma vez custeada a construção do container comercial, este aluguel passa a custear parte das despesas do próprio condomínio, colaborando para a redução das inadimplências, muito comuns em empreendimentos MCMV (ROLNIK, 2015).

A inserção do módulo comercial está vinculada à inserção conjunta de mobiliários urbanos apropriados para a permanência das pessoas ao redor do condomínio (Figura 3), ampliando a oferta e o uso de espaço público e garantindo a vigilância natural da rua. Em locais onde a calçada é pequena e não há possibilidade de inserção de mobiliários de apoio sugere-se a utilização de parklets: solução emergencial, flexível e rápida para conciliar permanência de pessoas com uso comercial pretendido. Os parklets podem ser financiados pela microempresa interessada em alugar o módulo comercial, como contrapartida para sua utilização.

Figura 2. Estratégias de intervenção no condomínio Paço da Serra (esquerda: implantação; direita: esquema tridimensional).



Novo tratamento dos limites. Em vermelho as transformações propostas: gradis, módulos comerciais e parklets. Fonte: os autores.

Figura 3. Proposição de inserção de módulo comercial e parklets em local com calçada estreita.



Fonte: os autores.

Figura 4. Transformação proposta nos limites do condomínio Paço da Serra.



Á esquerda foto dos limites existentes. Á direita fotomontagem com proposições: substituição do muro por gradis, inserção de módulo comercial e *parklet*.

Os condomínios Recreio das Palmeiras e Recreio das Laranjeiras estão localizados em Colina de Laranjeiras, um bairro em processo de renovação e substituição de grandes lotes. O empreendimento de porte territorial expressivo é composto por edifícios monocromáticos, sendo que as unidades habitacionais do térreo estão suscetíveis a personalização dos usuários. Sua circunvizinhança é formada por galpões de serviços especializados, área de preservação ambiental, e área de ZEIS. Em visita ao local percebe-se a apropriação espontânea dos limites dos empreendimentos por equipamentos móveis de uso multifuncional dedicados à alimentação,

conhecidos como *food trucks*. Alguns inclusive ficam estacionados permanentemente ao redor do condomínio, afirmando a vocação dos limites para este fim e a demanda já existente.

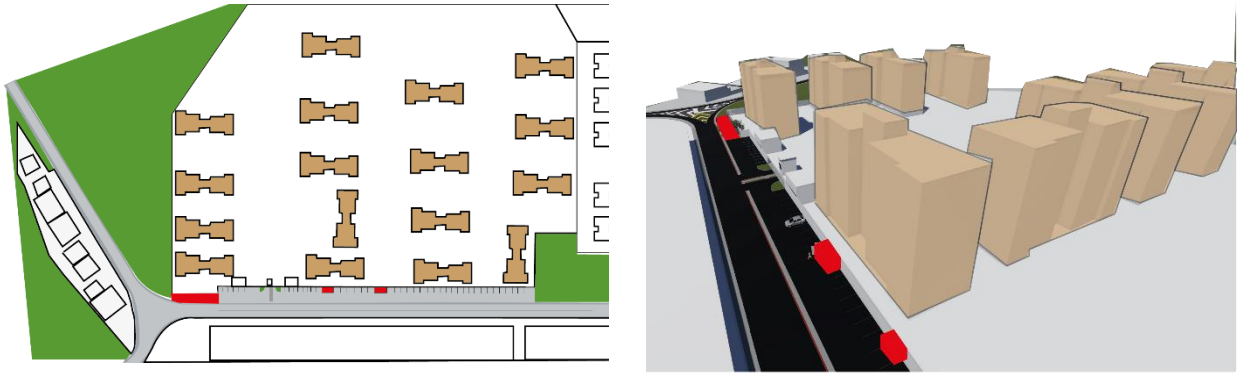
Figura 5. Limites dos condomínios Recreio das Laranjeiras e Recreio das Palmeiras.



À esquerda: limites cercados por extensos muros opacos e estacionamentos abertos. Á direita: ocupação espontânea dos limites do empreendimento por *food trucks*. Alguns permanecem estacionados permanentemente no local. Fonte: os autores

A proposta de intervenção propõe a utilização de quatro princípios qualitativos: acessibilidade, visibilidade, permanência e multifuncionalidade. Propõe-se reduzir o número de vagas externas reforçando e regulamentando o uso multifuncional estabelecido espontaneamente pelos *food trucks*, aliado à inserção de módulos comerciais para aluguel e mobiliário de suporte. Propõe-se ainda a inserção de uma pequena praça na lateral esquerda do condomínio, com usos diversos: academia popular, Skate de rua, grafite, mobiliário de permanência (Figuras 7, 8 e 9).

Figura 6. Estratégias de intervenção nos condomínios Recreio das Laranjeiras e Recreio das Palmeiras (esquerda: implantação; direita: esquema tridimensional). Em vermelho as transformações propostas.



Fonte: os autores

Figura 7. Proposições para apropriação do espaço público nos limites dos condomínios Recreio das Laranjeiras e das Palmeiras: academia popular, Skate de rua, grafite, inserção de módulos comerciais e mobiliários para permanência e interação social.



Fonte: os autores.

Figura 8. Transformação proposta nos limites do condomínio Paço da Serra.



Á esquerda foto dos limites existentes. Á direita fotomontagem com proposições: academia popular, obstáculos para skate de rua, mobiliário para permanência. Fonte: os autores.

5. CONCLUSÕES

Os ensaios propostos alertam para as possíveis soluções no tratamento dos limites de empreendimentos habitacionais multifamiliares que prezam pela promoção de vitalidade urbana. Verifica-se atualmente uma incapacidade generalizada nos instrumentos de gestão e regulamentação urbana em atuar efetivamente na forma e na paisagem urbana. Essa incapacidade revela-se principalmente nas novas periferias, impulsionadas desde o lançamento do MCMV. A rentabilidade nos empreendimentos populares é garantida através da implantação de empreendimentos colossais, monofuncionais e padronizados, em locais pouco adensados e de baixa vitalidade urbana. Proliferam-se os enclaves fortificados, tipologia difundida pelo mercado, como oferta de uma segurança forjada, trágica do ponto de vista social e urbano. Tal cenário repete-se nas grandes cidades brasileiras e estabelece-se no momento uma discussão sobre como garantir a qualidade urbana nos novos bairros em processos de consolidação desde o lançamento do MCMV.

No município da Serra, os mecanismos atuais são ineficientes, uma vez que os empreendimentos são aprovados por etapas, e muitas vezes associam múltiplos condomínios em contiguidade, sem que existam novas vias de acesso ou espaços públicos que favoreçam a humanização do tecido urbano. Os resultados desastrosos provenientes da implantação maciça de megaempreendimentos habitacionais são nítidos na conformação do espaço público: ruas inteiramente cercadas por muros e ausentes de qualquer atividade comercial;

Algumas soluções para combater essa situação podem ser alcançadas, a partir de uma maior atuação dos planos diretores, no que se refere ao estimulo de estratégias que possam colaborar para a vitalidade do espaço público: a) Incentivo e regulamentação da destinação de parte da área construída dos novos empreendimentos residenciais localizados em áreas centrais com alto valor da terra, para habitações de interesse social; b) Incentivo ao uso multifuncional nos novos empreendimentos habitacionais, principalmente naqueles localizados em áreas periféricas e ainda não abastecidas de serviços e comércios; c) Criação de mecanismos mais eficazes para limitar o porte ou dimensão dos empreendimentos, a fim de evitar grandes extensões de muros opacos, cujo percurso é exaustivo e inseguro ao pedestre, desestimulando a caminhada; d) Incentivo de estratégias relacionada ao tratamento dos limites dos edifícios, possibilitando maior visibilidade e permeabilidade.

Importante ressaltar que um grande passo foi realizado nesse sentido a partir da aprovação em São Paulo, no ano de 2014, do novo plano diretor estratégico que apresenta propostas inovadoras de incentivo à vitalidade urbana: a “fachada ativa”, o fim da exigência do número mínimo de vagas, o incentivo ao uso misto, a permeabilidade urbana, entre outros. Tais incentivos podem colaborar para a transformação da qualidade urbana em novos bairros periféricos e em fase de consolidação, provenientes da implantação maciça de novos conjuntos habitacionais. Espera-se que o PDE de São Paulo possa estimular novas estratégias nos demais municípios brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Douglas. **Alma Espacial: corpo e o movimento na arquitetura**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2010

FALAGÁN, David H; MONTANER, Josep Maria; MUXI, Zaida. **Herramientas para habitar el presente. La vivenda del siglo XXI**. Barcelona: Actar D, 2011

GEHL, Jan. **Cidades para Pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

HOLANDA, F.; CAVALCANTE, A. P.; FRANÇA, C. ; RIBEIRO, R.; MELLO, S; MEDEIROS, V. **Ordem e Desordem: Arquitetura & Vida Social**. Brasilia: Ed. FRBH, 2012.

JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2000

NETTO, Vinicius; VARGAS, Julio Celso; SABOYA, Renato T. **(Buscando) Os efeitos sociais da morfologia arquitetônica**. Revista Brasileira de Gestão Urbana (*Brazilian Journal of Urban Management*), v. 4, n. 2, p. 261-282, jul./dez. 2012

PEDRO, João Branco. **Programa Habitacional. Vizinhança Próxima**. Lisboa: LNEC, 2002

ROLNIK, Raquel. **Guerra dos Lugares. A colonização da terra e da moradia na era das finanças**. São Paulo: Editora Boitempo, 2015

SANTOS, Cynthia Marconsini Loureiro e JORGE, Liziane de Oliveira. **Avaliação da qualidade arquitetônica dos conjuntos habitacionais e seus impactos sociais e urbanos. O caso da expansão imobiliária no município da Serra**. Relatório técnico de pesquisa. Grupo ArqCidade. Universidade Vila Velha, 2016

WHYTE, William H. **The Social Life of Small Urban Spaces**. Nova York: Projects for Public Spaces, 2013.

91. OCUPAÇÃO URBANA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE: O CASO DO MANGUEZAL DA CIDADE DE VITÓRIA-ES

REIS, Débora Marchini[1](dmr.arquiteta@gmail.com); ESTEVES, Milton Jr [2] (m.estevesg3@gmail.com)
[1] Faculdade Brasileira (MULTIVIX), Vitória (ES), Brasil
[2]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
As Áreas de Preservação Permanente Intra-Urbanas têm importância inestimável para a melhoria da qualidade de vida da população, por isso, devem ser preservadas e não ocupadas. Muitas cidades brasileiras apresentam um cenário de ocupações urbanas em áreas que deveriam ser protegidas, gerando incontáveis prejuízos à população e ao meio ambiente. O ecossistema manguezal é considerado uma Área de Preservação Permanente pelas legislações federais, devendo assim ser preservado e isento de ocupações. Este artigo visa apresentar um estudo histórico, desde 1970 até os dias atuais, da ocupação urbana em manguezais em uma poligonal demarcada na porção continental do município de Vitória-ES. Justifica-se a abordagem aqui desenvolvida pela gradual degradação desses manguezais, cuja importância para a paisagem, o meio ambiente e a economia local é indiscutível. A metodologia utilizada consiste em: levantamento e análise de dados bibliográficos e revisão literária crítica sobre os temas abordados; estudos de iconografia anos de 1970, 1978, 1993, 1998, 2005 e 2016; e visitas ao local de estudo. Como resultado notou-se que o manguezal do município de Vitória-ES sofreu sucessivos processos de aterros, invasões e ocupações urbanas irregulares, seguidos de regularização fundiária e, hoje, continua sofrendo pressões do crescimento urbano e, principalmente, de ocupações por atividades industriais e comerciais.
Palavras-chave: Área de Preservação Permanente Urbana; Ocupação Urbana Irregular; Manguezal; Sustentabilidade.

URBAN OCCUPATION IN PERMANENT PRESERVATION ÁREAS: THE CASE OF MANGROVE OF VITÓRIA CITY-ES

ABSTRACT
The Permanent Inner-Urban Preservation Areas have an inestimable importance for improving the quality of life of the population, therefore, they must be preserved and not occupied. Many Brazilian cities present a scenario of urban occupations in areas that should be protected, causing damages to the population and the environment. The mangrove ecosystem is considered a Permanent Preservation Area by federal legislation and should be preserved and consequently, free from occupations. This paper aims to present a historical study, from 1970 to the present, of the urban occupation in mangroves in a demarcated polygon in the continental portion of the city of Vitória-ES. The approach developed here is justified by the gradual degradation of these mangroves, which are important for the local landscape, environment and economy. The methodology used consists of: survey and analysis of bibliographic data and critical literary review on the topics addressed; Studies of aerial photos of the years of 1970, 1978, 1993, 1998, 2005 and 2016; Visits to the study area. As a result, it was noticed that the mangrove of Vitória-ES suffered landfills, invasions, irregular urban

occupations and land regularization processes during the analyzed period. Today it has been under pressure from urban growth, mainly from the industrial and commercial sectors.
Keywords: Urban Permanent Preservation Area; Irregular Urban Occupation; Mangrove; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Há muito o domínio das técnicas e das ciências por parte dos humanos deixou de atender às necessidades intrínsecas à sobrevivência da espécie para converter-se num processo de domesticação da própria natureza. E a combinação entre esses fatores e a sociabilidade inerente à cultura humana vem transcendendo os assentamentos urbanos para fundar processos cada vez mais acelerados e desorganizados de ocupação do território, denominados genericamente pelo conceito de "cidades". Assim, a cultura urbana deixou de simbolizar a dominação dos humanos sobre a natureza para transformar-se em sinal que rege a vida do planeta. Hoje, cerca de 80% da população mundial habitam áreas urbanas[1], mas não necessariamente urbanizadas uma vez que grande parte desse percentual se instala sem a mínima condição de urbanidade ou habitabilidade.
A associação entre o acelerado crescimento das concentrações urbanas e os perversos parâmetros sócio-econômicos-culturais vigentes (determinados pela circulação do capital mundializado e determinantes da conversão do território em mercadoria) provocou uma ruptura no tradicional equilíbrio entre cidade e natureza. Embora o conceito natureza deva incluir a espécie humana e suas obras (o que, evidentemente, faz com que a cidade ocupe lugar de destaque), a predominância da cultura urbana, fruto do que denomina de "fluxo universal de urbanização massiva" (HARVEY, 2004), vem impedindo uma harmonização entre essas duas ordens (cidade e natureza) que, originalmente, funcionavam dialógica e complementarmente. E dentre outras consequências negativas decorrentes desses fatores destacam-se: fortes pressões do mercado imobiliário com a implementação de novos empreendimentos; instalações urbanas inseguras e instáveis em áreas de risco; proliferação de ambientes inóspitos e insalubres; segregação sócioespacial; desbordamento dos limites urbanizáveis; intensificação dos fluxos de veículos; poluição atmosférica, sonora e visual. Como resultado desse modelo, os espaços que remanescem isentos de ocupação urbana (tanto nos interstícios quanto nas áreas periféricas das cidades) são vistos, tanto pelo mercado formal como por ocupações subnormais, como locais passíveis de novos assentamentos, comprometendo as áreas de interesse ambiental.
Essa breve introdução não deixa dúvidas: trata de uma problemática que vem ameaçando o que se entende por sustentabilidade ambiental e urbana. E apesar de contar com muitos instrumentos legais, institucionais e científicos para enfrentar tal ameaça, diariamente presencia-se que a realidade no território ocorre na contramão da citada sustentabilidade. Como exemplo disso, destacam-se as ocupações em áreas de interesse ou de preservação ambiental, que vêm comprometendo os interesses comuns, o direito à natureza na cidade, bem como os projetos e programas voltados à manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e à adaptação destas à vida urbana.
O Novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) define Áreas de Preservação Permanente como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, além de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Cabe reforçar: a

[1] No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, do IBGE, o índice médio de habitantes em áreas urbanas em 2007 já atingia 83,48%.

manutenção das Áreas de Preservação Permanente no meio urbano é essencial para a garantia da qualidade de vida da população, para a preservação de diversos ecossistemas e exemplares de fauna e flora e para a manutenção da paisagem das cidades. Além dessas funções, Áreas de Preservação Permanente são benéficas porque: amenizam a poluição atmosférica e sonora bem como a temperatura nas cidades, evitando as chamadas ilhas de calor; auxiliam na proteção dos recursos hídricos, evitando enchentes e secas; garantem a fixação do solo nas encostas e morros; abrigam espécies animais ao formarem corredores ecológicos; acolhem funções recreacionais e de lazer; etc.

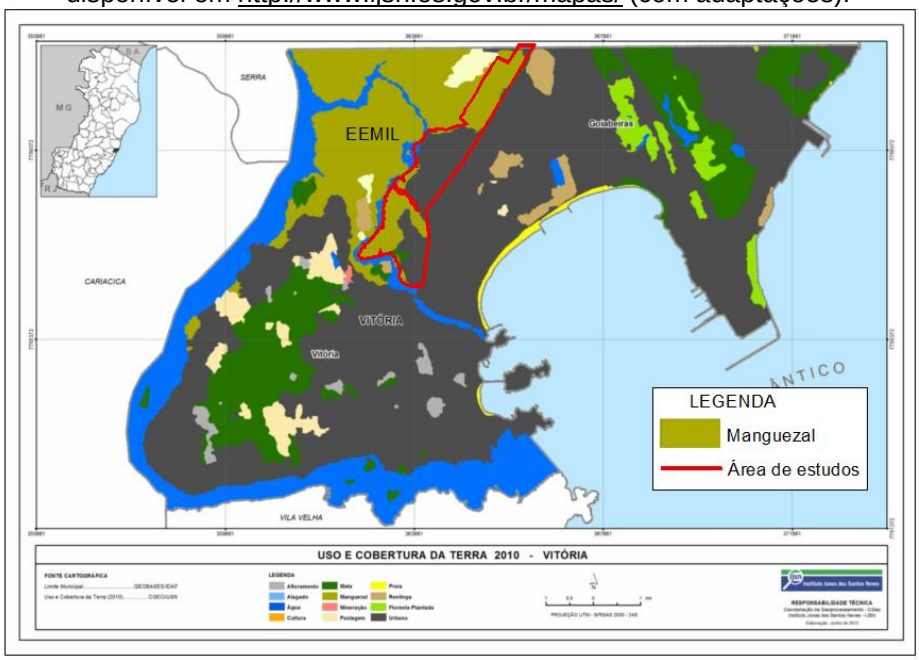
Dentre os diversos ecossistemas contemplados pelo Código Florestal como Áreas de Preservação Permanente, este trabalho centrará atenção no manguezal devido à importância que esse ecossistema desempenha no município de Vitória – Espírito Santo, Brasil –, objeto empírico aqui analisado.[2] O manguezal é um ecossistema que está presente nas faixas de transição entre o ambiente terrestre e marinho e é constituído por espécies lenhosas típicas, micro e macroalgas, adaptadas à alteração dos níveis de salinidade e teor de oxigênio (NOVELLI, 1995). O manguezal desempenha diversas funções econômicas e ecológicas, dentre as quais se destacam: a proteção da linha da costa, pois sua vegetação funciona como barreira evitando a erosão gerada pela maré e por processos eólicos; a retenção de sedimentos carregados pelos rios, pois as partículas carregadas se aderem ao substrato do manguezal, formando um ambiente com rica matéria orgânica; a ação depuradora, porque funciona como filtro onde as bactérias trabalham a matéria orgânica sedimentando partículas contaminantes e metais pesados. Além disso, contribui para a concentração de nutrientes, pois recebe águas ricas vindas dos rios e do mar; a renovação da biomassa costeira, pois apresenta condições ideais para a reprodução e desenvolvimento de formas jovens de várias espécies; a manutenção da diversidade biológica ao funcionar como área de alimentação, abrigo, nidação e repouso de aves; a exploração das belezas naturais e de paisagens diferenciadas que podem incentivar o turismo ecológico (ALVES, 2001).

Todos esses fatores reforçam a importância da preservação das áreas de manguezal, tanto em meio rural quanto urbano, numa perspectiva diretamente inserida na tríade do desenvolvimento sustentável, relacionada à equidade entre as esferas ambientais, sociais e econômicas (CANEPA, 2007). A perspectiva econômica trata de modelos de desenvolvimento que relacionem produtividade e rendimento às condições de vida em sociedade; a social diz respeito aos valores sociais e culturais e à justiça na distribuição de custos e benefícios do desenvolvimento; e a ecológica diz respeito à manutenção dos ecossistemas do planeta em longo prazo. Porém, a despeito da citada importância da proteção e manutenção dos diversos ecossistemas como os manguezais, nota-se que os modelos de urbanização vêm priorizando o âmbito econômico e relegando as esferas ambiental e social a um arriscado segundo plano.

O município de Vitória conta com uma grande área coberta por manguezais (conforme ressaltado na Figura 1), que cobre grande parte de suas porções insular e continental, e que abriga o complexo estuarino do manguezal do Lameirão, hoje delimitado como uma Unidade de Conservação, a "Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão" (EEMIL), que responde por sua proteção e fiscalização por parte do poder público.

[2] O presente trabalho realiza uma breve síntese dos estudos realizados para a dissertação de mestrado de Débora Marchini Reis (cf. REIS, 2013) e no Grupo de Pesquisa Conexão Vix, coordenado por Milton Esteves Jr (cf. http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/1483145336594574).

Figura 1. Mapa de uso e cobertura da terra; destaque para a área coberta por manguezal, a poligonal de estudos e a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão. Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves, disponível em http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/ (com adaptações).



Traça-se aqui uma discussão bastante complexa, sobretudo quando se considera a falta de instrumentos para uma gestão territorial capaz de equacionar a preservação ambiental e, simultaneamente, solucionar os problemas gerados pelo déficit habitacional e pela falta de espaços ocupáveis para atender às dinâmicas urbanas. Tudo isso justifica o presente estudo, baseado na hipótese e na consequente comprovação de que a Área de Preservação Permanente do complexo estuarino do manguezal do Lameirão vem sendo "subtraída pelas bordas" e constantemente aterrada e degradada pela expansão urbana, tanto por ocupações formais quanto subnormais e/ou institucionais.

2. OBJETIVO

Analisar os impactos provocados pelo crescimento urbano sobre Áreas de Preservação Permanente, e mais especificamente sobre o complexo estuarino do manguezal do Lameirão, importante ecossistema situado no município de Vitória, Capital do Espírito Santo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Por se tratar de um trabalho derivado de uma dissertação de mestrado, a pesquisa aqui sintetizada contou com diversas fases: 1] determinação do foco temático, definindo-se as relações entre desenvolvimento urbano e as áreas de preservação permanente, e mais especificamente entre o crescimento urbano de Vitória e o complexo estuarino do manguezal do Lameirão; 2] seleção, leitura e sistematização de fontes bibliográficas e das correntes teóricas capazes de responder às

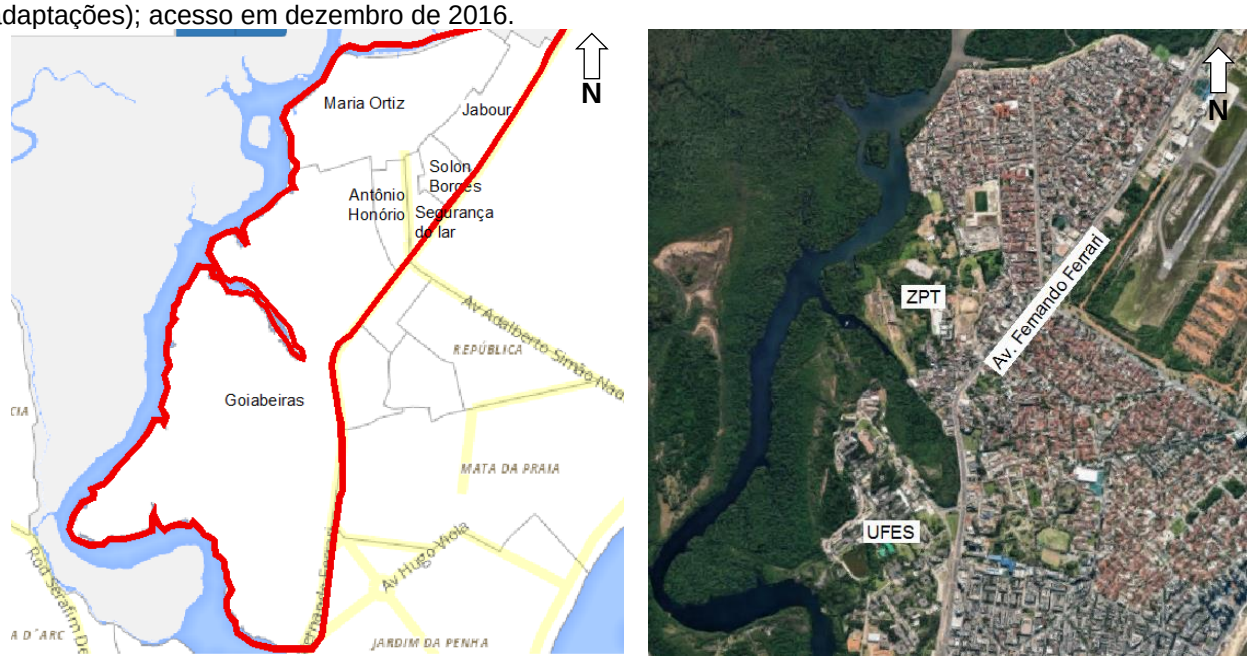
inquietações conceituais e ao desejável desenvolvimento cognitivo; 3] definição de um recorte espacial, selecionando-se a área conhecida como “Grande Goiabeiras” ou “Goiabeiras Velha”, que congrega o Campus Universitário da UFES e os bairros Goiabeiras, Antônio Honório, Segurança do Lar, Maria Ortiz, Sólon Borges e Jabour, os quais estabeleceram pressões na Área de Preservação Permanente do complexo estuarino do manguezal do Lameirão; 4] definição de um recorte temporal, centrado nos anos de 1970, 1978, 1993, 1998, 2005 e 2016 (determinado em função da iconografia disponibilizada pelos sítios <veracidade.com.br> e <Google Earth> e por levantamento realizado pela Prefeitura Municipal de Vitória); 5] elaboração de conjunto iconográfico que funcionou como estratégia metodológica para identificação visual do desenvolvimento das ocupações urbanas sobre o citado complexo estuarino; 5] contato direto com a realidade territorial na unidade ambiental selecionada, adotado nos moldes da experimentação fenomênica, para que a pesquisa não restasse na mera visualidade; 6] elaboração de um sistema informacional (textual e imagético) capaz de sintetizar e representar seus resultados em conjuntos documentais e iconográficos, possibilitando o entendimento dos efeitos das dinâmicas urbanas de Vitória sobre complexo estuarino do manguezal do Lameirão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sabe-se que a ocupação urbana de Vitória data do período colonial, e que concentrava-se no setor insular do município, e a parte continental passou a ser ocupada mais recentemente, a princípio por casas de veraneio e hoje concentra alguns dos bairros mais densos da cidade, tais como Jardim da Penha e Jardim Camburí. A instalação dos chamados “Grandes Projetos”[3], fruto do período desenvolvimentista industrial iniciado no Brasil na metade do século XX, provocou o deslocamento dos vetores de expansão urbana para o continente. Com isso, muitas áreas de manguezal começaram a ser suprimidas por sucessivos aterros e degradadas pela urbanização carente de infraestruturas básicas. No início da década 1970, a urbanização esparsa da porção continental de Vitória contava com arruamento sem pavimentação e com alguns conjuntos habitacionais. O Campus de Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) instalou-se naquela porção, numa das margens do Canal de Camburí e num terreno onde predominavam ecossistemas do tipo manguezal e restinga. A ocupação urbana em Grande Goiabeiras ainda era tímida, contando com a instalação algumas edificações em arruamento que, nos bairros Antônio Honório e Solon Borges, foi planejado, e o bairro Jabour instalou-se a partir de um traçado menos regular. A Figura 2, a seguir, destaca a poligonal estudada neste artigo e demarca os bairros que compõem “Grande Goiabeiras” ou “Goiabeiras Velha”.

[3] Os chamados “Grandes Projetos” das décadas de 1960 e 1970 implementados na Grande Vitória concentraram-se na interseção dos municípios de Vitória e Serra, por meio de complexos industriais e de portos ligados à cadeia produtiva minerosiderúrgica, com destaque para a antiga Companhia Siderúrgica de Tubarão (hoje ArcelorMittal) e a Companhia Vale do Rio Doce (hoje Vale) com seus respectivos portos de Tubarão e Praia Mole.

Figura 2. À esquerda, poligonal que demarca a área de estudos e os bairros que a compõem; à direita, imagem aérea que destaca a ocupação urbana atual e alguns pontos de referência. Fonte: Google Earth (com adaptações); acesso em dezembro de 2016.



Conforme evidencia Tulli (2007), apesar do aparente crescimento controlado da urbanização de Vitória, previstas por planos urbanísticos, a cidade sofreu um crescimento populacional abrupto e descontrolado, saltando de 194.311 habitantes na década de 1960 para 706.138 habitantes em 1980. Tal incremento, que se deve a vários fatores como a crise do café em 1960, gerador de grandes fluxos migratórios para a cidade e provocou desemprego e problemas sociais sérios. Assim, para um grande contingente populacional não restou outra opção senão assentar-se como podiam em áreas pouco valorizadas ou impróprias para o mercado imobiliário formal, ocupando informalmente, com péssimas condições de moradia, áreas que não ofereciam condições de segurança (como nas encostas de morros e nos fundos de vales) ou que deveriam restar desocupadas por questões preservação ambiental (como nas margens dos corpos hídricos superficiais e nos manguezais). Isso transformou ecossistemas como manguezal e restinga em objeto de sucessivos aterros para permitir assentamentos urbanos e suburbanos, processo intensificado na década de 1970 e que só diminuiria a partir do final da década de 1980, quando a prefeitura municipal tomou iniciativas mais enérgicas para proteção dos manguezais por meio da contenção das invasões. Apesar disso, muitas ocupações espontâneas continuaram a ser realizadas até os dias de hoje, tal como pode ser confirmado com base no material iconográfico disponível e apresentado a seguir, que destaca o processo evolutivo e cronológico das ocupações de áreas de manguezal na poligonal de estudos.

Figura 3. Sequência cronológica das ocupações urbanas na poligonal de estudos. Fonte: <veracidade.com.br> (com adaptações), Google Earth, e arquivos da Prefeitura Municipal de Vitória-ES.

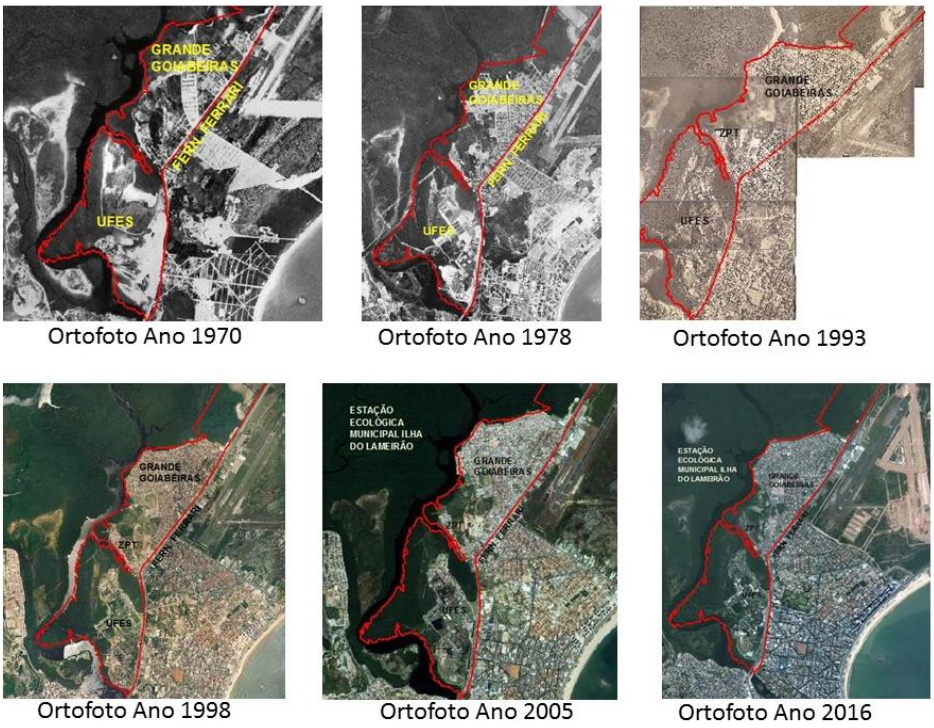
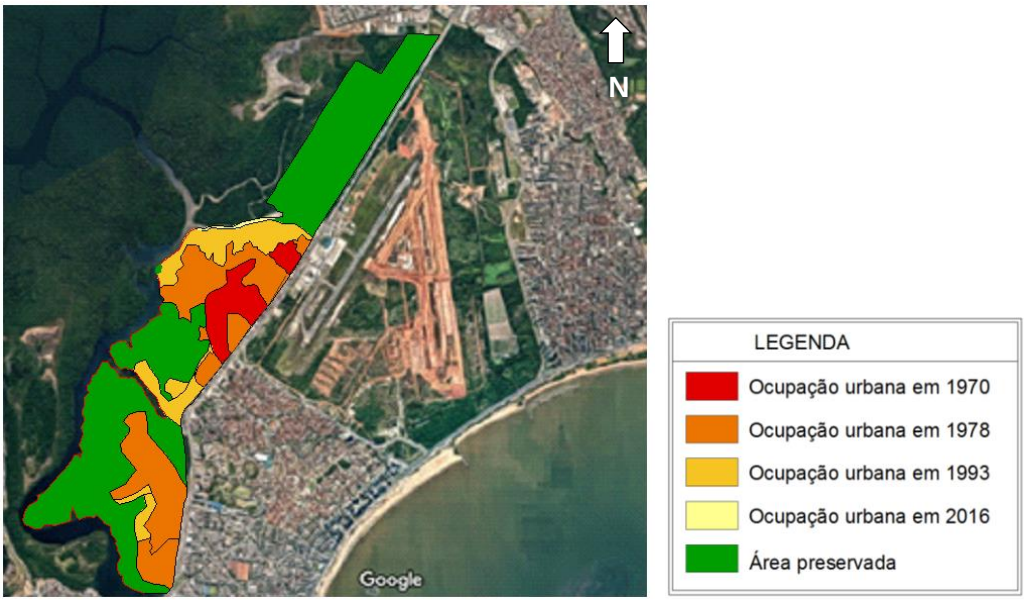


Figura 4. Síntese cartográfica elaborada através da citada sequência cronológica das ocupações urbanas no complexo estuarino do manguezal do Lameirão. Fonte: <veracidade.com.br> com adaptações, Google Earth, e arquivos da Prefeitura Municipal de Vitória-ES (com adaptações).



Com base nessa documentação iconográfica, organizada cronológicamente, pode-se observar:

a) 1970 – Nessa data referencial para o início deste estudo, ocorria uma urbanização ainda bastante insipiente na porção continental de Vitória; o local onde hoje se encontra a UFES ainda restava desocupado, permanecendo como uma grande área coberta por manguezal e restinga. A Grande Goiabeiras contava com uma tímida urbanização, com um arruamento planejado e mais reticulado nos bairros de Antônio Honório e Solon Borges com esparsas edificações já instaladas, e o bairro Jabour se desenvolvia num traçado menos formal.
b) 1978 – No intervalo de apenas 8 anos, os assentamentos sofreram intensificação e surgiram novos bairros, sem que o conjunto estivesse acompanhado de processos que garantissem a desejável urbanidade, nem que definissem adequadamente os limites para a expansão urbana. Em 1978, grande parte da vegetação existente no terreno da UFES já havia sido retirada para dar lugar aos aterros para permitir as edificações e o sistema viário do campus; naquele mesmo ano, uma grande parte das edificações da UFES já havia sido implantada, mas uma faixa do manguezal ainda estava preservada. A ocupação de Maria Ortiz e de Segurança do Lar se intensificava; o início da ocupação em Maria Ortiz se deu de modo espraiado, contando com residências em palafitas instaladas sobre o manguezal, cujo acesso se dava por meio de pequenas pontes de madeira improvisadas, chamadas de “pinguelas”. Intensifica-se a ocupação dos bairros Antônio Honório, Solon Borges e Jabour, os quais, no início da década, contavam somente com sistema viário grosseiramente delimitado e com poucas edificações
c) 1993 – Novas edificações pertencentes à UFES já haviam sido construídas, seguindo o mesmo planejamento de arruamentos e aterros observado em 1978, e que uma nova área foi ocupada se assentada sobre o manguezal e a restinga. A urbanização da Grande Goiabeiras já se encontrava bastante adensada em comparação à do ano de 1978, sobretudo nos bairros de Goiabeiras e Maria Ortiz. A área que ocupada por residências sobre palafitas no manguezal do bairro Maria Ortiz havia se adensado, e contava com aterros para implementação de arruamento organizado e de novas edificações. A ocupação de Grande Goiabeiras teve Av.

Fernando Ferrari como vetor dinamizador do crescimento urbano, dirigindo-se para dentro do manguezal por meio de subsequentes aterros;

d) 1998 – Ocorreu adensamento em áreas já urbanizadas dos bairros que compõem Grande Goiabeiras, sem mudanças significativas quanto ao desmatamento e aterramento do manguezal (por esse motivo, essa data não consta na síntese cartográfica da Figura 4);
e) 2005 – No intervalo entre 1998 e 2005 observou-se a mesma tendência do intervalo anterior, com maior adensamento sem expansão das áreas ocupadas (motivo pelo qual essa data também não consta na síntese cartográfica da Figura 4). É importante frisar que essa contensão deve estar diretamente relacionada à instituição da Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, uma Unidade de Conservação implementada em 1989 no complexo estuarino do manguezal do Lameirão e que, por meio de fiscalização enérgica, freou os processos de invasão naquele território
f) 2016 – Entre os anos de 2005 e 2016 não ocorreram mudanças significativas, mas destaca-se a execução de um parque linear no bairro Maria Ortiz, um calçadão de bordadura do manguezal preservado, implementado pelo Programa Terra Mais Igual, com o objetivo de conter as ocupações irregulares. Sua importância será comentada a seguir nas conclusões.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho, que sintetiza estudos sobre as relações entre a evolução da ocupação urbana e a manutenção de Áreas de Preservação Permanente, não poderia se limitar a confirmar o óbvio ou a revelar o que as imagens já demonstram por elas próprias. Mas, o estudo da evolução histórica da urbanização das cidades se justifica para quantificar da supressão de áreas ambientalmente sensíveis do meio urbano e consequentemente auxiliar na elaboração de programas que objetivem frear esta degradação. Estudos como esse se justificam por serem utilizados para manifestar a indignação frente à indiferença e passividade com que Áreas de Preservação Permanente vêm sendo tratadas pelos processos de produção do território (de modo geral) e do urbano (em particular).

Com base na presente análise da evolução da ocupação urbana desde a década de 70 até os dias atuais, e por meio de recursos iconográficos pode-se afirmar que o período de maior evolução da ocupação urbana na área estudada se deu entre os anos 1970 e 1978, quando o campus da UFES foi construído e os bairros da Grande Goiabeiras começaram a ser ocupados e posteriormente adensados. Entre o final da década de 70 e início dos anos 90, pôde-se averiguar o crescimento territorial da UFES e o modo como a urbanização da Grande Goiabeiras se intensificou com a instalação de novas residências, edificações comerciais e arruamento melhor organizado.

Há que se acreditar que a cidade é também o ambiente ideal para ações positivas em direção às soluções que se convertem em fatos, a exemplo do que ocorreu com o Programa Terra Mais Igual. Criado em 1998 e modificado em 2007, o referido programa foi criado com base o Plano de Desenvolvimento Urbano de Vitória, objetivando concretizar ações centradas em Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS.[4] Praticamente desarticulado ou mesmo extinto na atualidade, as ações desse programa mereceram inúmeras críticas positivas e negativas. No caso de Grande Goiabeiras,

[4] Para informações mais detalhadas sobre o citado programa, ver "Relatório de Transição..." (2012); e, também, o relatório "Consolidação dos resultados..." (2012).
, disponível em http://www.planbrasil.com/repositorio/arquivo/artigo/RelFinal_TerraMaisIgual.pdf.

atuou na remoção das moradias sobre palafitas, e as famílias que lá estavam instaladas foram reassentadas. Aquele local deu lugar a um parque linear, que passou a servir como barreira física delimitar o desenvolvimento urbano de Grande Goiabeiras e, consequentemente, para garantir a preservação do manguezal.

A contribuição do Programa Terra Mais Igual é incontestável, porém, há que se destacar que este olhar sobre o manguezal deveria ter ocorrido logo que as ocupações se iniciaram, com o intuito de freá-las e impedir que se adensem. Ao invés disto, até então, houve somente a regularização fundiária e a instalação de infraestrutura básica para a população após a instalação clandestina de muitas residências no local, quando a realocação já era inviável. Com esta análise, ressalta-se a importância deste olhar preliminar às ocupações irregulares em áreas de manguezais e demais APPs urbanas a fim de que sejam coibidas logo que se iniciam, para gerar a preservação destas áreas ambientalmente sensíveis.

A título de conclusão, resta manifestar o desejo de que os benefícios de programas com os mesmos objetivos do Programa Terra Mais Igual sejam efetivados a longo prazo, e sobretudo que se repliquem no entorno daquela e de tantas outras Áreas de Preservação Permanente. Seja no formato de um programa institucional, seja por meio de trabalhos acadêmicos como o que gerou este artigo, o que se espera é que conceitos e atos voltados às edificações e às comunidades sustentáveis transcendam as instâncias dos recursos retóricos e dos programa político partidário para converterem-se em realidade impressa no território. O que se espera é que a manutenção das Áreas de Preservação Permanente seja entendida como efeito benéfico tanto para o devir urbano quanto para a qualidade de vida de suas populações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Jorge Rogério Pereira. Manguezais: educar para proteger. Rio de Janeiro: FEMAR SEMADS, 2001. 96 p.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2012. Disponível em <http://planalto.gov.br>. Acesso em outubro de 2016.

CANEPA, Carla. Cidades sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade. São Paulo: RCS Editora, 2007. 293 p.

Consolidação dos resultados (2005-2012): Avaliação externa do Programa Terra Mais Igual". Prefeitura Municipal de Vitória, 2012. Disponível em <http://www.planbrasil.com/repositorio/arquivo/artigo/RelFinal_TerraMaisIgual.pdf>. Acesso em dezembro de 2016.

DERENZI, Luiz Serafim. Bibliografia de uma ilha. Rio de Janeiro: Pongetti, 1965. 247p.

HARVEY, David. "Mundos urbanos posibles". In: RAMOS, Ángel (org.): Lo urbano en 20 autores contemporáneos. Barcelona: UPC, p.177-198. 2004.

NOVELLI, Yara Schaeffer. Manguezal, ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribben Ecological Research, 1995. 150 p.

REIS, Débora Marchini. Ocupação urbana em Áreas de Preservação Permanente: o caso do manguezal da área continental de Vitória/ES. Vitória, 170 p., 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo.

Relatório de Transição – Programa Terra Mais Igual. Disponível em <http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20121213_relatoriosituacionalterra.pdf>. Prefeitura Municipal de Vitória, 2012. Acesso em novembro de 2016.

TULLI, Lívia Maria Albertasse. Vulnerabilidade à ação antrópica e uso e ocupação do solo para a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, Vitória – ES. Vitória, 105 p., 2007.Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo.

95. QUALIDADE DAS VISTAS A PARTIR DE EDIFÍCIOS ALTOS

GREGOLETTO, Debora[1] *(debora.gregoletto@ufrgs.br); REIS, Antônio Tarcísio*[1] *(tarcisio.reis@ufrgs.br)*
[1] Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

RESUMO
O objetivo deste artigo é avaliar a qualidade de vistas para o espaço urbano a partir de apartamentos situados em diferentes andares de edifícios altos situados em distintos contextos, considerando as percepções de distintos grupos de usuários. A verticalização tem se tornado um fator de grande impacto na morfologia de muitas cidades. A inserção de edifícios altos no espaço urbano altera as relações entre as edificações e entre estas e os espaços abertos. A proliferação de edifícios altos tem um impacto sobre as vistas a partir de apartamentos em tais edifícios e, logo, na qualidade de vida de seus moradores e na sustentabilidade social destes edifícios. A qualidade estética das vistas tem sido utilizada como forte fator de divulgação de edifícios altos pelo setor imobiliário, tanto no Brasil quanto no exterior. Apartamentos situados em andares mais elevados possuem valorização imobiliária maior do que aqueles situados em andares mais baixos em função da suposta maior qualidade das vistas nos andares mais altos. Contudo, são necessários mais estudos que possibilitem identificar a qualidade das vistas a partir de apartamentos em distintos andares de edifícios altos localizados em diferentes contextos urbanos, considerando as percepções das pessoas. Como parte dos procedimentos metodológicos, foram coletados dados através de questionários disponibilizados via internet a residentes em Porto Alegre, divididos em três grupos de respondentes: 47 arquitetos; 46 não-arquitetos com curso universitário e 30 pessoas sem curso universitário concluído ou iniciado. A análise de dados foi realizada através de testes estatísticos não-paramétricos. Os principais resultados revelam, por exemplo, que em edifícios altos junto a espaços abertos caracterizados pela presença de elementos naturais, como parques, a qualidade das vistas para esses espaços é mais satisfatória em apartamentos nos andares mais baixos do que naqueles em andares mais altos.
Palavras-chave: Edifícios altos; Qualidade de vistas; Estética urbana

QUALITY OF VIEWS FROM TALL BUILDINGS

ABSTRACT
The objective of this paper is to evaluate the quality of views to urban spaces from flats on different floors of tall buildings in different contexts, considering the perceptions of different groups of users. The verticalization has become a factor of great impact in the morphology of many cities. The insertion of tall buildings into urban space changes the relationships between buildings and between buildings and open spaces. The proliferation of tall buildings has an impact on the views from apartments in such buildings and hence on the quality of life of its residents and on the social sustainability of these buildings. The aesthetic quality of the views has been used as a strong advertising factor of tall buildings by the real estate sector, both in Brazil and abroad. Flats on higher floors have higher real estate values than those located on lower floors due to the supposedly higher quality of views on the higher floors. However, further studies are needed to identify the quality of the views from flats on different floors of tall buildings located in different urban contexts, considering people's perceptions. As part of the methodological procedures, data were collected through questionnaires made available through the Internet to residents of Porto Alegre, divided into three

groups of respondents: 47 architects; 46 non-architects college graduates and 30 non-college graduates. Data analysis was performed through non-parametric statistical tests. The main results show, for example, that in tall buildings adjacent to open spaces characterized by the presence of natural elements such as parks, the quality of views to these spaces is more satisfactory in flats on lower floors than in those on higher floors.
Keywords: Tall buildings; Quality of views; Urban aesthetics.

1. INTRODUÇÃO

A verticalização tem se tornado um fator de grande impacto na morfologia de muitas cidades (MACEDO, 2015). A inserção de edifícios altos no espaço urbano altera as relações entre as edificações e entre estas e os espaços abertos. Tais alterações tendem a modificar as vistas previamente existentes a partir de edificações mais baixas. Ainda, a proliferação de edifícios altos tem um impacto sobre as vistas a partir de apartamentos em tais edifícios e, logo, na qualidade de vida de seus moradores e na sustentabilidade social destes edifícios. A sustentabilidade social, assim como a sustentabilidade ecológica (ou ambiental) e econômica, é uma das três dimensões do conceito de "desenvolvimento sustentável" (LEGENDRE, 2003; REIS, 2002; SILVA, 2007), que remete à existência de um balanço entre os aspectos econômicos, ambientais (ou ecológicos) e sociais (WHITE; ELLIS, 2007). Conforme salientado por Kruse (1997), o conceito de "sustentabilidade social" deve considerar as pessoas como "seres culturais", ultrapassando a noção de seres humanos "como organismos que vivem com base num mínimo de necessidades diárias de calorias e água". Assim, a sustentabilidade social trata, por exemplo, dos padrões de atividades em diferentes contextos culturais e sociais nos quais as pessoas vivem e dos padrões de comportamento relacionados à experiência habitacional, trabalho e relações sociais (KRUSE, 1997). Logo, o desenvolvimento sustentável também implica "[...] melhoria da qualidade de vida dos seres humanos, nos níveis urbanos e arquitetônicos, dentro da capacidade do ecossistema global [...]" (OKTAY, 1999). Assim, a sustentabilidade social diz sobre a adequação dos locais onde as relações sociais se desenvolvem (LEGENDRE, 2003) e uma construção socialmente sustentável na Grã-Bretanha implica em "[...] edifícios e estruturas que aumentem a satisfação, o bem-estar e o valor para clientes e usuários [...]" (SILVA, 2007). Logo, a sustentabilidade social trata também de aspectos tais como qualidade estética da arquitetura, ambiente interno e adequação ao entorno (SILVA, 2007), o que inclui a qualidade das vistas a partir de edifícios altos.

A relevância da qualidade estética das vistas a partir das janelas dos edifícios tem sido identificada em diversos estudos, por exemplo, sobre apartamentos, escritórios, prisões e hospitais (p. ex. ULRICH, 1984; KAPLAN; KAPLAN; RYAN, 1998; KAPLAN, 2001).

De acordo com diversos autores (LYNCH, 1960; NASAR, 1998; KAPLAN; KAPLAN; RYAN, 1998; REIS; PEREIRA; BIAVATTI, 2010), as vistas preferidas pelas pessoas tendem a se caracterizar por campos visuais amplos, organizados e com alguma variação. A presença de elementos naturais - áreas gramadas, ajardinadas, árvores e água - na vista a partir da janela de apartamentos têm implicações positivas no bem-estar e nos níveis de satisfação de seus residentes (KAPLAN; KAPLAN; RYAN, 1998; KAPLAN, 2001). As vistas da cidade a partir de andares altos também têm sido citadas como agradáveis (GONÇALVES, 1999; GIFFORD, 2007). Por outro lado, vistas desagradáveis tendem a estar caracterizadas por outros edifícios muito próximos, fachadas monótonas, estacionamentos, paredes cegas e muros (NASAR, 1992; REIS; AMBROSINI; LAY, 2004; REIS; PEREIRA; BIAVATTI, 2010). No caso dos edifícios altos ainda podem existir vistas desagradáveis para telhados ou terraços de edificações mais baixas, que normalmente contém elementos pouco atraentes tais como caixas d'água, chaminés, antenas, e aparelhos de ar condicionado. Ainda, estudos (p. ex. CIBSE, 1987; REIS; PEREIRA; BIAVATTI, 2010) revelam uma

queda acentuada nos níveis de satisfação com as vistas quando o céu é totalmente ou amplamente obstruído por edifícios altos, o que tende a ocorrer, por exemplo, com as vistas a partir de andares baixos de edifícios altos próximos a outros edifícios altos. Por outro lado, até o quinto andar ainda é possível interagir, a partir de uma janela ou sacada, com alguém em uma calçada, e assistir a vida na cidade. Acima de cinco andares a situação muda drasticamente, pois detalhes não podem ser vistos, as pessoas no nível do solo não podem ser reconhecidas nem contatadas (GEHL, 2010). Contudo, a qualidade estética das vistas é largamente utilizada como elemento de divulgação de lançamentos imobiliários, tanto no Brasil quanto no exterior, refletindo-se no preço de compra ou no aluguel de um apartamento e até mesmo na tarifa do quarto de um hotel, com os andares mais altos implicando em maior custo, com base na suposta vista mais qualificada da paisagem (KAPLAN, 2001; SECOVI, 2012).
Entretanto, são necessários mais estudos que possibilitem identificar a qualidade das vistas a partir de distintos andares de edifícios altos localizados em diferentes contextos urbanos, a partir das percepções das pessoas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar a qualidade de vistas para o espaço urbano a partir de apartamentos em diferentes andares de edifícios altos localizados em distintos contextos, considerando as percepções de distintos grupos de respondentes.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A coleta de dados foi realizada através de questionários disponibilizados via internet para respondentes residentes há pelo menos um ano em Porto Alegre–RS. O emprego da internet para divulgação e preenchimento de questionários através de programas como o Lime Survey, auxilia o pesquisador na obtenção de um maior número de respondentes em um determinado espaço de tempo, elimina a necessidade de deslocamento para a aplicação do questionário e possíveis erros na tabulação dos dados, uma vez que estes são transferidos diretamente do programa Lime Survey para a planilha do programa estatístico SPSS/PC, conforme já atestado em diversos estudos (RECKZIEGEL 2009; GREGOLETTO, REIS, 2012; ANTOCHEVIZ, 2014).
O *link* de acesso ao questionário foi enviado via e-mail, juntamente com uma carta de apresentação, para contatos existentes com solicitação de compartilhamento com os seus conhecidos, utilizando-se da técnica de amostra em bola de neve (*snowball sample*) (Handcock & Gile, 2011), a fim de aumentar o tamanho da amostra. Tais *link* e carta também foram encaminhados, via e-mail, para empresas de engenharia e contabilidade, escritórios de arquitetura e curso pré-vestibular, para que fossem repassados para seus funcionários e estudantes. Ainda, houve a divulgação do questionário na rede social *Facebook* a partir da conta pessoal do primeiro autor e através de grupos específicos de arquitetos e de alunos e de ex-alunos do PROPUR/UFRGS.
Os respondentes dos questionários foram divididos em 3 diferentes grupos, de acordo com o seu tipo e nível de formação acadêmica, totalizando 123 pessoas conforme segue: (i) 47 arquitetos; (ii) 46 não arquitetos com curso universitário completo; e (iii) 30 pessoas sem curso universitário concluído ou iniciado.
O questionário foi constituído por questões relativas às características composicionais dos respondentes e por questões relacionadas a vistas a partir da janela principal da sala de apartamentos situados em edifícios altos na cidade de Porto Alegre. Em uma questão sobre preferência de vistas a partir de apartamentos em distintos contextos urbanos foi solicitado aos

respondentes que ordenassem seis vistas (Figura 1), representativas daquelas existentes em Porto Alegre, da mais para a menos preferida quanto à aparência, e que indicassem as razões para a mais e para a menos preferida.

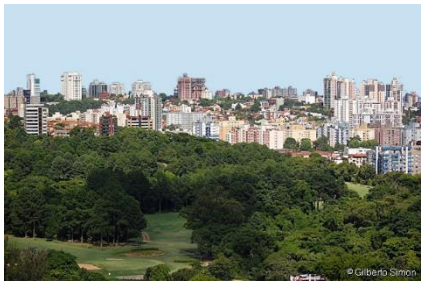
Figura 1: Vistas a partir da janela da sala de estar de apartamentos em edifícios altos em diferentes contextos urbanos



Vista 1 - vista ampla para a cidade com céu visível



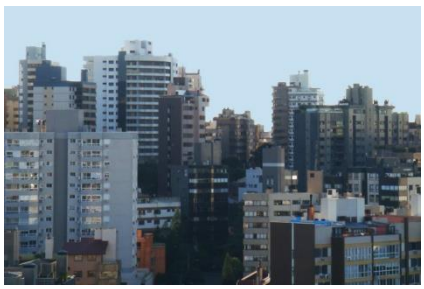
Vista 2 – vista a uma distância média sem céu visível



Vista 3 - vista ampla para a cidade com vegetação em primeiro plano



Vista 4 - vista reduzida com edificação próxima e sem céu visível



Vista 5 - vista com grande quantidade de edificações a uma distância média



Vista 6 – vista reduzida e com vegetação próxima

Fonte: Autores

Especificamente, para avaliar a qualidade estética de vistas observadas a partir de apartamentos situados em edifícios altos junto a espaços abertos, tal como parques, foi solicitado aos respondentes que indicassem dentre três vistas para um parque a partir de apartamentos de um mesmo edifício, no mesmo alinhamento vertical, porém em diferentes pavimentos (Figura 2) a vista mais e menos preferida, justificando as principais razões para tais níveis de preferência.

Figura 2: Vistas para um parque a partir de apartamentos em edifício alto



Vista 7 (19º pavimento)



Vista 8 (11º pavimento)



Vista 9 (7º pavimento)

Fonte: Autores

Os dados de natureza quantitativa provenientes dos questionários, caracterizados como variáveis nominais e ordinais, foram analisados no programa estatístico SPSS/PC através de frequências e de testes estatísticos não-paramétricos como: tabulação cruzada (Phi) - revela relações estatisticamente significativas entre duas variáveis nominais; Kruskal-Wallis - revela a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as avaliações de um mesmo aspecto (variável ordinal) por três ou mais amostras independentes (variável nominal) e Kendall W – revela a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as avaliações de três ou mais aspectos ou amostras dependentes (variável ordinal) por um mesmo grupo (variável nominal) (LAY; REIS, 2005).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VISTAS A PARTIR DE EDIFÍCIOS ALTOS EM DIFERENTES CONTEXTOS URBANOS

No ordenamento da preferência, pelo total de respondentes (123), das seis vistas a partir de edifícios altos (Figura 1), a vista mais preferida foi a vista 3 (Tabela 1), em razão, principalmente, da “vista ampla”, da “existência de vegetação” e da “existência de céu visível”. Em segundo lugar aparece a preferência pela vista 1, que representa a vista ampla para a cidade com grande quantidade de céu visível, seguida da vista 6 que representa uma vista mais reduzida, mas com vegetação em primeiro plano. A vista 5 com grande quantidade de edificações a uma distância média ficou em quarto lugar no ordenamento, seguida da vista 2 que representa uma vista reduzida com edificações a uma distância média. A vista menos preferida quanto à aparência foi a vista 4, devido, principalmente à “inexistência de céu visível”, à “vista reduzida” e à “existência de edificações próximas”. Tais justificativas revelam a importância da qualidade ambiental atrelada à existência de vegetação e maior espaçamento entre as edificações para uma maior satisfação dos usuários com o espaço urbano, impactando positivamente na sustentabilidade social.

Tabela 1: Ordem de preferência das vistas a partir de edifícios altos quanto à aparência

Ordene as vistas, da 1 a 6, da mais para a menos preferida quanto à aparência:						
Total da amostra – 123 respondentes						
	Vista 3	**Vista 1**	**Vista 6**	**Vista 5**	**Vista 2**	**Vista 4**
P	705	588	455	426	254	176
mvo-K	5,69	4,74	3,67	3,44	2,05	1,42
1º lugar	94 (75,2)	18 (14,4)	12 (9,6)	0 (0,0)	1 (0,8)	0 (0)
2º lugar	24 (19,2)	72 (57,6)	19 (15,2)	4 (3,2)	4 (3,2)	2 (1,6)
3º lugar	4 (3,2)	29 (23,2)	33 (26,4)	53 (42,4)	4 (3,2)	2 (1,6)
4º lugar	1 (0,8)	4 (3,2)	41 (32,8)	59 (47,2)	16 (12,8)	4 (3,2)
5º lugar	1 (0,8)	2 (1,6)	14 (11,2)	5 (4,0)	73 (58,4)	30 (24,0)
6º lugar	0 (0)	4 (3,2)	5 (4,0)	2 (1,6)	29 (23,2)	85 (68,0)

***Notas**: P=pontuação total recebida [variando da maior (6 pontos) para a menor (1 ponto) preferência por cada respondente]; mvo K= média dos valores ordinais obtida pelo teste Kendall's W (os valores maiores referem-se às vistas mais preferidas); a comparação entre os valores mvo K deve ser feita na horizontal entre as vistas; os valores entre parênteses referem-se aos percentuais em relação ao total de respondentes que ordenou a vista na posição em questão.*

Na análise da ordem de preferência (Tabela 2) das seis vistas (Figura 1) pelos três grupos de respondentes – arquitetos, não arquitetos com curso universitário e pessoas sem formação universitária - a vista mais preferida quanto à aparência é a vista 3, que representa uma vista ampla para a cidade com vegetação em primeiro plano, enquanto que a vista menos preferida é a vista 4, vista reduzida e com edificação próxima (Tabela 2). Os resultados revelam uma clara preferência pelas vistas amplas, com grande quantidade de céu visível, em especial aquelas com vegetação

em primeiro plano. Ainda, a vegetação aparece como elemento importante quando há preferência por vistas reduzidas. Em oposição, a menor preferência se verifica em relação a vistas reduzidas, sem céu visível e com edificações próximas.

Tabela 2: Ordem de preferência das vistas a partir de edifícios altos – por grupos de respondentes (continua)

Ordene as vistas, da 1 a 6, da mais para a menos preferida quanto à aparência:						
Arquitetos – 47 respondentes						
	Vista 3	**Vista 1**	**Vista 6**	**Vista 5**	**Vista 2**	**Vista 4**
P	259	223	173	156	92	63
mvo-K	5,81	4,49	3,98	3,38	1,87	1,47
mvo K-W	67,16	53,78	70,77	59,44	57,05	63,63
1º lugar	39 (83,0)	2 (4,3)	6 (12,8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
2º lugar	7 (14,9)	27 (57,4)	9 (19,1)	2 (4,3)	1 (2,1)	1 (2,1)
3º lugar	13 (27,7)	1 (2,1)	14 (29,8)	17 (36,2)	1 (2,1)	1 (2,1)
4º lugar	0 (0)	1 (2,1)	14 (29,8)	26 (55,3)	4 (8,5)	2 (4,3)
5º lugar	0 (0)	1 (2,1)	4 (8,5)	1 (2,1)	30 (63,8)	11 (23,4)
6º lugar	0 (0)	2 (4,3)	0 (0)	1 (2,1)	12 (25,5)	32 (68,1)
Não arquitetos – 46 respondentes						
	Vista 3	**Vista 1**	**Vista 6**	**Vista 5**	**Vista 2**	**Vista 4**
P	273	211	187	159	88	69
mvo-K	5,63	4,85	3,76	3,39	2,00	1,37
mvo K-W	59,86	65,77	65,77	59,37	59,51	63,15
1º lugar	33 (70,2)	9 (19,1)	5 (10,6)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
2º lugar	10 (21,3)	27 (57,4)	7 (14,9)	0 (0)	3 (6,4)	0 (0)
3º lugar	2 (4,3)	12 (25,5)	14 (29,8)	18 (38,3)	1 (2,1)	0 (0)
4º lugar	1 (2,1)	1 (2,1)	15 (31,9)	25 (53,2)	3 (6,4)	2 (4,3)
5º lugar	0 (0)	1 (2,1)	2 (4,3)	2 (4,3)	29 (61,7)	13 (27,7)
6º lugar	0 (0)	2 (4,3)	3 (6,4)	0 (0)	12 (25,5)	30 (63,8)

Tabela 2: Ordem de preferência das vistas a partir de edifícios altos – por grupos de respondentes (conclusão)

Sem formação universitária – 30 respondentes						
	Vista 3	**Vista 1**	**Vista 5**	**Vista 6**	**Vista 2**	**Vista 4**
P	173	154	111	95	74	44
mvo-K	5,58	4,97	3,58	3,06	2,39	1,42
mvo K-W	59,35	70,87	71,79	45,11	75,19	59,82
1º lugar	22 (71,0)	7 (22,6)	0 (0)	1 (3,2)	1 (3,2)	0 (0)
2º lugar	7 (22,6)	18 (58,1)	2 (6,5)	3 (9,7)	0 (0)	1 (3,2)
3º lugar	1 (3,2)	4 (12,9)	18 (58,1)	5 (16,1)	2 (6,5)	1 (3,2)
4º lugar	0 (0)	2 (6,5)	8 (25,8)	12 (38,7)	9 (29,0)	0 (0)
5º lugar	1 (3,2)	0 (0)	2 (6,5)	8 (25,8)	14 (45,2)	6 (19,4)
6º lugar	0 (0)	0 (0)	1 (3,2)	2 (6,5)	5 (16,1)	23 (74,2)

***Notas**: P=pontuação total recebida [variando da maior (6 pontos) para a menor (1 ponto) preferência por cada respondente]; mvo K= média dos valores ordinais obtida pelo teste Kendall's W (os valores maiores referem-se às vistas mais preferidas); a comparação entre os valores mvo K deve ser feita na horizontal entre as vistas; mvo K-W = média dos valores ordinais obtida pelo teste Kruscal-Wallis (os valores maiores referem-se aos grupos que mais preferem a vista); a comparação entre os valores mvo K-W deve ser feita na vertical entre os grupos em cada vista; os valores entre parênteses referem-se aos percentuais em relação ao total de respondentes que ordenou a vista na posição em questão.*

4.1.1 Diferença entre os grupos de usuários

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre arquitetos, não arquitetos com curso universitário e pessoas sem formação universitária (Teste Kruscal-Wallis) nas avaliações da vista 1 e da vista 2, embora os três grupos tenham ordenado essas vistas da mesma maneira (vista 1 em segundo lugar e vista 2 em quinto lugar). Também foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa entre os três grupos de respondentes na avaliação da vista 6 (vista

com vegetação em primeiro plano). Esta vista foi mais preferida pelos arquitetos e pelos não arquitetos com formação universitária, que a ordenaram em terceiro lugar, do que pelas pessoas sem formação universitária, que a ordenaram em quarto lugar, ordenando na terceira posição a vista 5 (vista com grande quantidade de edificações a uma distância média) (Tabela 2). Portanto, estes resultados evidenciam a preferência, independentemente do tipo e nível de formação acadêmica, pelas vistas amplas, em especial aquelas com vegetação em primeiro plano e a menor preferência pelas vistas reduzidas com edificações próximas, embora possam ocorrer algumas variações nas intensidades e ordem das preferências.

4.2 Vistas para um parque a partir de apartamentos em edifícios altos

Na análise da avaliação de preferência, pelo total da amostra, das três vistas para um parque a partir da janela principal da sala de estar de apartamentos situados em diferentes pavimentos de um mesmo edifício (Figura 2), a vista 9 (a partir da sala do apartamento no 7º pavimento) foi a mais preferida pela maioria dos respondentes (Tabela 3), devido, principalmente às "vistas amplas", à "existência de áreas gramadas próximas" e à "existência de árvores próximas". A "presença de água" foi outra razão citada pelos respondentes. A vista 7 (a partir da sala do apartamento no 19º pavimento) foi considerada a menos preferida pela maioria dos respondentes (Tabela 3) em razão, fundamentalmente, da "existência de áreas gramadas distantes" e da "existência de árvores distantes".

Tabela 3: Vistas a partir de edifícios altos para espaços abertos mais e menos preferidas

	Total	A	N.A.	S.F.	Total	A	N.A.	S.F.
	Para você, a vista mais preferida é:				Para você, a vista menos preferida é:			
Vista 7	23 (18,7)	11 (23,4)	8 (17,4)	4 (13,3)	82 (66,7)	28 (59,6)	30 (65,2)	24 (80,0)
mvo K	1,78	1,85	1,76	1,70	2,50	2,39	2,48	2,70
mvo K-W	-	64,89	61,20	58,70	-	57,64	61,11	70,20
Vista 8	13 (10,6)	6 (12,8)	4 (8,7)	3 (10,0)	26 (21,1)	12 (25,5)	11 (23,9)	3 (10,0)
mvo K	1,66	1,69	1,63	1,65	1,82	1,88	1,86	1,65
mvo K-W	-	63,35	60,85	61,65	-	64,70	63,71	55,15
Vista 9	87 (70,7)	30 (63,8)	34 (73,9)	23 (76,7)	15 (12,2)	7 (14,9)	5 (10,9)	3 (10,0)
mvo K	2,56	2,46	2,61	2,65	1,68	1,72	1,66	1,65
mvo K-W	-	57,76	63,96	65,65	-	63,66	61,18	60,65
Total	123 (100)	47 (100)	46 (100)	30 (100)	123 (100)	47 (100)	46 (100)	30 (100)

***Notas**: A= Arquitetos; N.A.= Não arquitetos; S.F..= Respondentes sem formação universitária; mvo K= média dos valores ordinais obtida pelo teste Kendall's W (os valores maiores referem-se às cenas mais apontadas como mais ou menos preferidas); mvo K-W= média dos valores ordinais obtida pelo teste Kruscal-Wallis (os valores maiores referem-se aos grupos que mais apontam a vista como mais ou menos preferida); a comparação entre os valores mvo K deve ser feita na vertical entre as vistas de cada grupo; a comparação entre os valores mvo K-W deve ser feita na horizontal entre os grupos; os valores entre parênteses referem-se aos percentuais em relação ao total de respondentes que avaliou cada vista em cada grupo.*

Os resultados indicam uma clara preferência pela vista com vegetação mais próxima e elementos mais definidos, além da presença do elemento água (vista 9 - a partir da sala do apartamento no 7º pavimento), e uma menor preferência pela vista com vegetação mais distante e elementos com menos definição (vista 7 - a partir da sala do apartamento no 19º pavimento).

4.2.1 *Diferença entre os grupos de usuários*

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas (teste Kruskal-Wallis) entre arquitetos, não arquitetos com curso universitário e pessoas sem formação universitária, quanto à indicação das vistas mais e menos preferidas. Esses resultados confirmam uma maior preferência por vistas a partir de pavimentos mais baixos (7º pavimento), com vegetação mais próxima, elementos mais definidos e uma menor preferência por vistas a partir de pavimentos mais altos (19º pavimento) com vegetação mais distante e elementos com menos definição, independentemente

do tipo e nível de formação acadêmica dos respondentes. Assim, mesmo em situações urbanas que permitam vistas amplas para áreas vegetadas, a preferência por vistas mais próximas ao espaço urbano, indicam que edifícios mais baixos com apartamentos mais conectados à vida urbana contribuiriam de forma mais efetiva para a sustentabilidade social do ambiente construído.

5. CONCLUSÃO

A análise da preferência estética por vistas a partir de salas de apartamento situados em edifícios altos em diferentes contextos urbanos, revela uma clara preferência por vistas amplas, com grande quantidade de céu visível, principalmente, com elementos naturais em primeiro plano, em detrimento de vistas reduzidas, desprovidas de céu e com edificações próximas. Também se destaca a importância da presença de elementos naturais em uma vista, mesmo que esta seja reduzida. O nível e tipo de formação acadêmica não teve um impacto sobre tais preferências. Estes resultados corroboram aqueles de outros estudos (p. ex. LYNCH, 1960; NASAR, 1998; KAPLAN; KAPLAN; RYAN, 1998; REIS; PEREIRA; BIAVATTI, 2010) que indicam que as vistas preferidas pelas pessoas tendem a se caracterizar pela presença de elementos naturais e por campos visuais amplos.

Quanto à avaliação estética de vistas para um parque a partir de salas de apartamentos em diferentes andares de edifícios altos, os resultados revelam uma evidente preferência pela vista a partir do apartamento no andar mais baixo, com vegetação mais próxima, e com elementos mais definidos e presença de água, em detrimento das vistas a partir dos apartamentos nos andares mais altos. A vista no andar mais alto foi a menos preferida, devido a vegetação se encontrar distante e os elementos na vista terem menos definição. Estes resultados corroboram aqueles citados por alguns autores (p. ex. KAPLAN; KAPLAN; RYAN, 1998; KAPLAN, 2001) sobre a preferência de vistas com elementos ou foco de interesse mais definidos, além da presença de água, que associada à vegetação, intensifica a satisfação com as vistas. Tais preferências não foram afetadas pelo fato do respondente ser arquiteto, ter outra formação universitária ou não ter formação universitária. Assim, é possível concluir que a qualidade das vistas para espaços abertos como parques é claramente mais satisfatória em andares mais baixos do que em andares mais altos. Logo, o fato dos apartamentos em andares mais altos serem mais valorizados em termo de custo (SECOVI, 2012), com base nas supostas qualidades das vistas a partir destes andares, não vai ao encontro dos resultados deste estudo. Ainda, a proliferação de edifícios com grandes alturas (por exemplo, com 18 pavimentos, limite permitido pelo Plano Diretor em Porto Alegre) tenderá a criar um impacto negativo, devido ao aumento da quantidade de barreiras visuais, mesmo nas vistas a partir dos andares mais altos, o que por sua vez, também afeta negativamente a sustentabilidade social do edifício.

Assim, a análise realizada acerca da qualidade das vistas a partir de salas de apartamentos em edifícios altos permite, além de reforçar os resultados de estudos realizados em outros contextos urbanos sobre a importância de vistas amplas e com elementos naturais, uma melhor compreensão sobre a qualidade de vistas com elementos naturais observados em diferentes distâncias, contribuindo para a realização de projetos mais sustentáveis socialmente, além de prover subsídios para legislações urbanísticas que regulem a altura e a inserção de edifícios altos nas cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTOCHEVIZ, F. B. **O desempenho de edifícios altos e o impacto gerado em seus contextos urbanos.** Porto Alegre: UFRGS, 2014. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional). Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

CIBSE - CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS. **Applications manual**: window design. London: The Chartered Institution of Building Services Engineers, 1987.

GEHL. J. **Cities for people.** Washington: Island Press, 2010.

GIFFORD, Robert. The consequences of living in high-rise buildings. **Architectural Science Review**, v. 50, n. 1, p. 1-16, 2007.

GONÇALVES, J. C. S. O impacto de edifícios altos em centros urbanos – Discutindo a polêmica da verticalidade e suas implicações. **Sinopses**, São Paulo, n. 32, p. 39-53, dez.1999.

GREGOLETTO, D.; REIS, A. T. L. Os edifícios altos na percepção dos usuários do espaço urbano. **Cadernos Proarq**, n. 19, 2012. P. 90-110.

KAPLAN R.; KAPLAN, S.; RYAN, R. L. **With people in mind:** design and management of everyday nature. Washington: Island Press, 1998.

KAPLAN, R. The Nature of the View from Home: Psychological Benefits. **Environment and Behavior**, v. 33, n. 4, p. 507-542, 2001.

KRUSE, L. Evolving the Concept of Sustainability. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR PEOPLE-ENVIRONMENT STUDIES, 14., 1997, Stockholm. **Proceedings...** Estocolmo: Royal Institute of Technology (KTH), The Department of Architecture and Townplanning, 1997. v. 1, p. 10- 12.

LAY, M. C.; REIS, A. T. L. Análise quantitativa na área de estudos ambiente-comportamento. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.5, n.2, p.21-36, 2005.

LEGENDRE, A. Social Sustainability and Changes in Environments Designed for Young Children: the case of the French day-care centers. In: MOSER, G. et al. (Ed.). **People, Places, and Sustainability**. Gottingen, Alemanha: Hogrefe & Huber Publishers, 2003. p. 243-254.

LYNCH, K. **A imagem da cidade.** Lisboa: Edições 70, 1960.

MACEDO, S. S. A paisagem verticalizada de São Paulo: a influência do modernismo no desenho urbano contemporâneo. In: Del Rio, V.; Siembieda, W. (org.) **Desenho Urbano Contemporâneo no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

NASAR, J. L. Perception and evaluation of residential street scenes. In: NASAR, J. L. (Ed.). **Environmental Aesthetics**: theory, research, and applications. New York: Cambridge University Press, 1992. P. 275-289.

NASAR, J. L. **The evaluative image of the city**. Thousand Oaks: SAGE Publications, 1998.

OKTAY, D. Sustainability of Housing Environments: assessments in cypriot settlements. In: CONFERENCE OF THE ENVIRONMENTAL DESIGN RESEARCH ASSOCIATION, 30., 1999, Orlando, **Proceedings...** Orlando: EDRA, 1999. v. 1, p. 147-158.

RECKZIEGEL, D. **Lazer noturno: aspectos configuracionais e formais e sua relação com a satisfação e preferência dos usuários**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional). Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

REIS, A. Aparência, Qualidade e Habitação Sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO IX, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002.

REIS, A. T. L.; AMBROSINI, V. C.; LAY, M. C. Qualidade de campos visuais, SIG e percepção dos residentes de habitações de interesse social. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 67-77, 2004.

REIS, A. T. L.; BARCELOS, A.; LAY, M. C. Análise dos campos visuais para os espaços abertos a partir das salas das unidades de conjuntos habitacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO XII, Fortaleza. **Anais**... Fortaleza: ANTAC, 2008.

REIS, A. T. L.; PEREIRA, M. L.; BIAVATTI, C. Percepção visual e impacto estético de vistas a partir de apartamentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XIII, 2010, Canela. **Anais**... Canela: ANTAC, 2010.

SECOVI-SP. Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo. Entrevista disponível em: **<http://aesimoveis.wordpress.com/2012/09/26/qual-tipo-de-apartamento-comprar> acesso em 16.02.2013.**

SILVA, V. G. Indicadores de Sustentabilidade de Edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 47-66, 2007.

WHITE, S. S.; ELLIS, C. Sustainability, the Environment, and New Urbanism: an assessment and agenda for research. **Journal of Architectural and Planning Research**, Chicago, v. 24, n. 2, p. 125- 142, 2007.

ULRICH, R. View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. **Science**, New York, v.224, p. 420-421, 1984.

97. URBANISMO SUSTENTÁVEL: REQUALIFICAÇÃO DO ASSENTAMENTO PRECÁRIO DO VALE DOS GUEDES

GRANJA, Laura[1](lauragranja@icloud.com); ZAMBRANO, Letícia*[2] *(zambranoleticia@gmail.com)*
[1] Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil
[2] Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O presente artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de requalificação urbanística sustentável desenvolvida para o Vale dos Guedes, originada no questionamento sobre a forma como vêm sendo conduzidos, no Brasil, os processos de requalificação de assentamentos precários. O estudo contemplou levantamentos técnicos e abordagem sensível junto aos moradores, sendo possível a elaboração de diretrizes projetuais de modo participativo, adequadas às reais necessidades e demandas dos residentes do local, fato que já se considera como um dos princípios da sustentabilidade urbana. Em seguida, foram elaboradas propostas projetuais tanto no que tange a quesitos infraestruturais como sociais, embasadas no diagnóstico participativo realizado e em referenciais literários. As propostas projetuais foram baseadas na premissa da mínima intervenção e menor custo, visando uma abordagem realística do problema urbano que deverá ser enfrentado pela administração Municipal da cidade de Juiz de Fora – MG, onde se localiza o assentamento precário em estudo.
Palavras-chave: Requalificação urbana. Assentamentos precários. Técnicas construtivas. Soluções sustentáveis. Urbanismo sustentável.

SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT: REQUALIFICATION OF THE SQUATTER SETTLEMENT VALE DOS GUEDES

ABSTRACT
The present article aims to present a proposal for a sustainable urban requalification developed for Vale dos Guedes. The idea has its origin in questions about the way the slum upgrading process has been conducted in Brazil. The study contemplated technical surveys and a sensitive approach to the residents and, thereby, it was possible to define projective guidelines in a participatory way. The guidelines are adapted to the real needs and demands of the local residents, a fact that is already considered as one of the principles of the sustainable urban development. Subsequently, project proposals were designed both with regard to infrastructural and social issues, based on participatory diagnosis and literary references. The project proposals were based on the premise of minimum intervention and lower cost, aiming a realistic approach to the urban problem that should be faced by the municipal administration of the city of Juiz de Fora – MG, where Vale dos Guedes is located.
Keywords: Urban requalification. Squatter settlements. Constructive techniques. Sustainable solutions. Sustainable urban development.

1. INTRODUÇÃO

O acelerado ritmo de crescimento das aglomerações urbanas, que se deu em muitas áreas de forma desordenada, acabou por produzir ambientes degradados e desfavoráveis à boa qualidade de vida.

Estes espaços geram uma instabilidade social desastrosa, e podem levar a um declínio ambiental adicional (ROGERS, 2015). Sendo assim, com as questões sociais urbanas e questões ambientais fortemente entrelaçadas, é indiscutível o fato de que precisamos tratar do que possa ser o urbanismo sustentável em áreas de assentamentos precários.
Segundo Rogers (2015), tanto a pobreza, como o desemprego, a carência em saúde e educação, ou seja, toda e qualquer injustiça social, diminui a capacidade de uma cidade ser sustentável. Dessa forma, além de oportunidades de emprego e riqueza, as cidades devem garantir a estrutura física para a comunidade urbana. Ao contrário do que deveria acontecer, o que vemos hoje é a negligência para com os espaços públicos. São necessários então que sejam definidos novos conceitos de planejamento urbano, capazes de integrar as responsabilidades sociais.
Uma das formas de se lidar com a desigualdade do espaço urbano presente em assentamentos precários é através da promoção de processos de requalificação. Tais processos, entretanto, são intervenções complexas, pois requalificar uma área consiste não apenas na ordenação do espaço, mas deve objetivar a solução que melhor atenda às necessidades dos usuários. A requalificação é definida por ser um modo de intervenção que objetiva a recuperação física e o desenvolvimento social das regiões precárias em infraestrutura, serviços e equipamentos públicos (CAMARINHAS, [S.d.]).
Na requalificação de um assentamento precário podemos ainda ressaltar o processo de Regularização Fundiária de Interesse Social, de acordo com a Lei 11.977/2009. Nesse processo, o mais importante não é tanto a aquisição da propriedade em si, mas principalmente a segurança jurídica da posse para as populações de baixa renda, uma vez que, assim, essas podem se sentir mais seguras quanto à sua permanência no assentamento e garantir a moradia digna, protegida e respeitada por lei (BACELETE, 2009). A Lei 11.977 traz, então, instrumentos específicos que visam facilitar e agilizar o processo de concretização do direito à moradia.

2. OBJETIVO

No Brasil, os processos de requalificação urbana com vias à inclusão sócio-espacial constituem um fato novo. Até os anos 1980 podem ser destacados três posicionamentos governamentais em relação a estes espaços. O primeiro consistia simplesmente em ignorar o fenômeno. O segundo seguia a linha da “higienização”, e defendia a erradicação ou remoção de tais assentamentos. O terceiro e último, que prevalece até os dias atuais, já parte da premissa de que melhorias urbanas são necessárias, justificadas por fatores que configuram situações de risco como problemas advindos da precariedade ambiental e da falta de infraestrutura (CARNEIRO *et al.*, 2010).
Após passar por este mesmo processo, a cidade de Juiz de Fora do final da década de 1990 ainda tinha na falta de moradia um dos maiores problemas municipais, e as intervenções vieram em pontos isolados. Segundo o Plano Municipal de Habitação (JUIZ DE FORA, 2007), a cidade conta com 144 áreas de interesse social, onde existem em torno de 12.744 moradias (este número, entretanto, encontra-se desatualizado e deve ser revisado como desdobramento da revisão do Plano Diretor Municipal hoje em trâmite).
Sendo assim, o projeto aqui exposto visa contribuir com a cidade ao apresentar um projeto de requalificação urbana norteado não só por parâmetros técnicos mas também pelo que é sensível às pessoas, onde o lugar ganha além de infraestrutura, qualidade. E é também premissa projetual a mínima intervenção e o menor custo, sempre orientados pela busca da sustentabilidade urbana.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia adotada nesta pesquisa desenvolveu-se em três etapas principais:

Na primeira etapa, foram realizadas pesquisas bibliográficas que contemplavam a contextualização do tema, exemplos de ações em assentamentos precários e suas críticas, interdisciplinaridade no projeto de urbanização, percepção aplicada ao estudo do espaço, histórico do assentamento em estudo, o Vale dos Guedes, e estudo de caso similar na área de planejamento urbano.

A segunda etapa teve como finalidade a obtenção de um diagnóstico do Vale dos Guedes. Através da pesquisa de dados junto a setores da Administração Municipal, e de levantamentos em campo, foram coletadas informações sobre o histórico e características físicas e sociais da área. Além disso, para entendimento das relações dos moradores com o espaço e para averiguação das necessidades e sensações percebidas pelos moradores no ambiente, foram aplicados instrumentos que pudessem explorar a percepção dos moradores sobre seu espaço, sendo estes os métodos de Entrevistas, Mapas Mentais e o método dos Percursos Comentados.

O método da entrevista semi-estruturada foi utilizado para melhor compreender o significado do espaço para o morador, suas qualidades e deficiências, uma vez que esse permite um diálogo conduzido e ao mesmo tempo aberto a novos temas sugeridos pelos entrevistados. Os Mapas Mentais podem ser caracterizados como imagens espaciais que se encontram no imaginário das pessoas (TEIXEIRA, 2001, p.208) e, para captar tais imagens, foi pedido aos participantes da pesquisa que representassem por meio de desenho ou escrita, a área em estudo, destacando um ou mais elementos que considerasse importante na comunidade. Já os Percursos Comentados, método desenvolvido pelo sociólogo francês Jean-Paul Thibaud, foram utilizados para apreender a percepção em percurso. Durante esse percurso foram considerados os contextos, situações, perspectivas, culturas, estratégias e maneiras de agir e interagir do morador com seu ambiente. Levantados todos os dados, a partir desses métodos participatórios, foi realizada a análise dos mesmos e a elaboração de diretrizes projetuais que refletem a necessidade técnica e sensível do assentamento.

Por fim, compreendidas as necessidades do espaço, foi desenvolvido o projeto urbano de requalificação do assentamento. Esta última etapa será a única relatada neste artigo, que tem como foco apresentar as soluções projetuais encontradas para o melhor desenvolvimento urbano sustentável.

4. OBJETO DE ESTUDO: O VALE DOS GUEDES

Localizado na região nordeste de Juiz de Fora, mais precisamente no Bairro Granjas Betânia, o Vale dos Guedes (Figura 1) possui área total de 52.493,13 m^2. Deste total, 16.208,13 m^2 estão localizados em área pública, e 36.258 m^2 em área particular, registrada em 24 de fevereiro de 1970 (JUIZ DE FORA, PREFEITURA, 2011; JUIZ DE FORA, PREFEITURA, 2007).

A alta concentração de pobreza, ausência total de urbanização e irregularidade fundiária, juntamente com a significativa extensão territorial do local, fazem com que o Vale dos Guedes seja considerado uma das 11 micro áreas de exclusão social pertencentes ao Grupo I. Tal grupo inclui as áreas de completa exclusão social e atendimento prioritário nos programas de urbanização integral e políticas sociais integradas (TAVARES, 2006 apud JUIZ DE FORA, PREFEITURA, 2007).

Figura 1. Vale dos Guedes



Arquivo pessoal

4.1 DIRETRIZES PROJETUAIS

Observadas as necessidades da área em estudo, e a partir das contribuições dos moradores, foram elaboradas dezesseis diretrizes projetuais para o Vale dos Guedes, sendo elas: Elaboração de projeto de loteamentos segundo parâmetros disponíveis pela legislação vigente; Projeto para obras de contenção de encostas; Projeto para vias públicas (leito carroçável e calçadas); Projeto de sistema de drenagem pluvial; Projeto para mobiliário urbano. Projeto de rede de esgotamento sanitário; Projeto de rede de abastecimento de água; Projeto de rede de energia elétrica; Projeto de rede de iluminação pública; Projeto para instalação de pontos de telefonia; Sugestões de meios alternativos de coleta de lixo; Plano de intervenção relativo à remoções e realocação no perímetro do projeto. Especificação dos instrumentos urbanísticos necessários para viabilizar a regularização da posse de terra dos moradores; Espaço de lazer (praça com área de recreação infantil e, se viável, quadra esportiva); Centro comunitário; e Sugestões para sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais nas casas.

5. O PROJETO

O projeto, assim como o processo de diagnóstico, se deu de forma participativa. Para isso, as diretrizes foram levadas a reuniões com a comunidade e os primeiros passos em direção ao desenvolvimento do projeto foram dados.

A necessidade primeira do assentamento era a divisão fundiária do terreno, para a viabilização do processo de regularização fundiária e a delimitação dos espaços públicos a serem trabalhados. Como o processo de desapropriação da área ainda está em andamento, temos terrenos tanto em áreas públicas como privadas, e moradores que habitam o local há mais e há menos de cinco anos. O caso se encaixa em uma Regularização Fundiária de Interesse Social (Lei 11.977/2009). Sendo assim, dois instrumentos urbanísticos se aplicam: a demarcação urbanística e a legitimação de posse. Posteriormente, dois outros instrumentos deverão ser aplicados para garantir a posse do terreno aos moradores, a Usucapião Administrativa (Estatuto da Cidade), e a Concessão de uso especial de moradia -CUEM- (MP nº2220/01). Em reunião, os próprios moradores auxiliaram na redefinição das divisas de seus terrenos, de modo que estes se adequassem ao limite máximo de 250 m^2 permitidos por lei, como mostra a Figura 2 (BRASIL, 2010; BRASIL, 2001a; BRASIL, 2001b). Uma solução bastante interessante para terrenos que necessitaram ser consideravelmente reduzidos foi a criação de hortas comunitárias. Mais vantajoso para a Administração Municipal do que manter terrenos limpos, as hortas são uma alternativa que funcionam também como fonte de trabalho e renda para os moradores. A Administração entra com os materiais iniciais e treinamento,

e os moradores se responsabilizam pelo cultivo das hortaliças. Elas são também uma boa alternativa para a melhoria da qualidade de vida da população, para ações educacionais, e para desenvolver o espírito de comunidade e trabalho em grupo.
Nem todas as moradias puderam permanecer no local em que estavam assentadas, devido à situação de alto risco em que se encontravam. Desta maneira, duas habitações foram indicadas para remanejamento, dando lugar a projeto de contenção de encosta. As respectivas famílias tiveram local de realocação indicado dentro da própria área de projeto, em terrenos que se encontravam desocupados.

Figura 2. Projeto de parcelamento do solo



Planta desenvolvida pela autora (sem escala)

Para auxiliar no desenrolar do processo junto à Administração Municipal, e também como fator fundamental para o bom entendimento e funcionamento das atividades dentro da comunidade, foi indicada a criação de uma associação de moradores.
A etapa seguinte foi então realizar o projeto das vias públicas. A melhor opção encontrada foi fazer uso das vias compartilhadas, uma vez que a encosta é bastante íngreme e o espaço para se trabalhar restrito. Além dos motivos físicos, esta opção também foi considerada por motivos sociais, uma vez que é na compatibilização dos usos que temos a volta da rua para o âmbito do espaço público. O espaço público poderia se configurar como superfície, na qual é possível transitar sem obstáculos, sem prioridades específicas obtendo, consequentemente, mais lugares para pessoas, maior acesso, mais segurança e menos segregação, oferecendo a combinação entre velocidade reduzida dos veículos, desenho do espaço, e aspectos coletivos (LAB, 2015). A planta geral para a área pode ser visualizada na Figura 3.
Os materiais utilizados na pavimentação de todo o assentamento deveriam atender à determinados requisitos: possuir alta resistência às cargas, facilidade de conservação, alto coeficiente de atrito, cor adequada à boa visibilidade (variando de acordo com as faixas preferenciais de fluxo, segundo Figura 3) e baixo custo. Dessa maneira, a opção se deu pelo uso dos blocos intertravados de

concreto, retangulares convencionais, e pisograma, devido à facilidade de remoção em casos de manutenção das redes com reaproveitamento, conferindo maior flexibilidade para melhoramentos públicos, e por ser um piso semipermeável, importante para a drenagem das águas pluviais. Ainda, atendendo à concepção do desenho universal, os espaços públicos devem permitir o acesso à todos de forma simples e segura. Sendo assim, o projeto das vias seguiu também a norma NBR 9050/2004 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

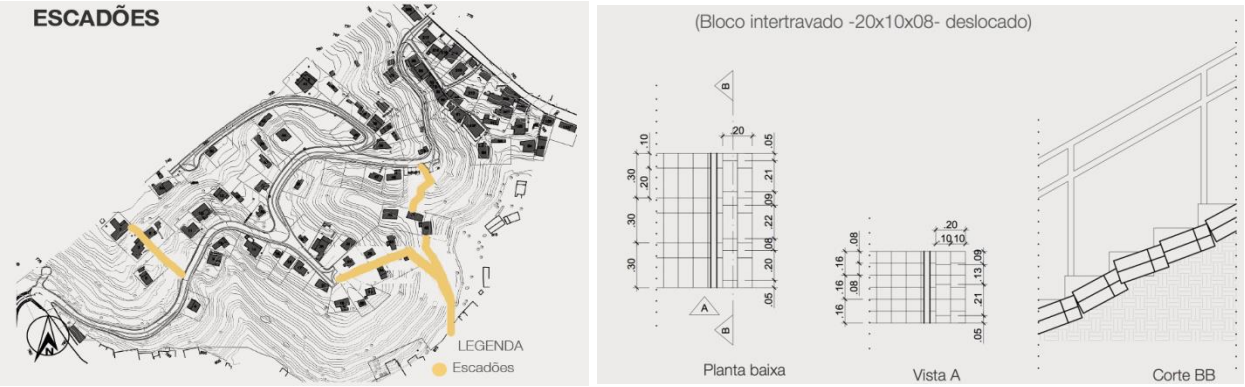
Figura 3. Planta geral do projeto



Planta desenvolvida pela autora (sem escala)

Além das vias, outra importante forma de acesso ao assentamento são os escadões, devido à acentuada declividade do terreno, que dificulta e encarece a construção de novas vias ou rampas acessíveis. A proposta projetual mantém estes acessos, requalificando-os através do alargamento dos mesmos, para uma largura de 2,10 metros, capaz de abrigar área de deslocamento para pedestres, rampa para trânsito de bicicletas e/ou carrinhos de mão, calha para escoamento superficial das águas pluviais, e os necessários corrimãos. O material utilizado também foi o bloco intertravado de concreto, pelos mesmos motivos apresentados anteriormente. Ver Figura 4.

Figura 4. Esquema de localização e detalhamento dos escadões



Desenhos desenvolvidos pela autora (sem escala)

O sistema de drenagem pluvial é mais um ponto chave, uma vez que, assim como a opção pelas vias compartilhadas, ele também foge às soluções tradicionalmente adotadas no Brasil. Tal sistema é superficial, através de trincheiras. Esta opção garante o menor custo de execução e, devido ao baixo fluxo de automóveis e pedestres na área, não se configura como um inconveniente ao tráfego. Além disso, as trincheiras são aproveitadas para auxiliar no direcionamento dos diferentes fluxos nas vias, assim como são projetadas para se tornarem elemento de recreação nos espaços livres públicos, fator importante em seu aspecto didático, uma vez que trazer a água à superfície muda a relação do morador com a mesma, que deixa de ser associada ao esgoto, enterrado.

Como mencionado, foi necessário também o desenvolvimento de projeto de contenção de encostas, para minimizar os riscos de deslizamento presentes na área. Duas diferentes soluções foram adotadas, de acordo com a gravidade do risco.

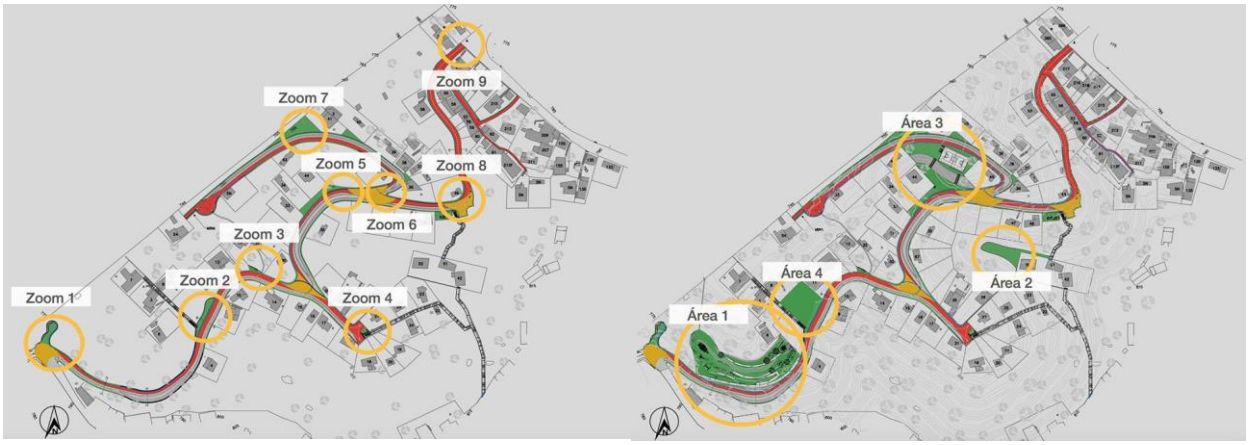
O escalonamento de talude foi a técnica adotada para as grandes áreas, não tão críticas. Ele será realizado através de cortes e aterros no terreno, criando patamares de no máximo 5m de largura e mantendo ângulos de 50º nas encostas criadas. Essa configuração permitirá que a contenção do terreno seja feita apenas através do plantio de gramíneas. Já em pequenas áreas mais críticas, foi necessário usar da tela argamassada para fazer a contenção. Nesses casos, para que não fossem criadas áreas concretadas aparentes, a proposta contemplou uma área reservada na base da tela para o plantio de trepadeira, buscando assim a preservação da ambiência do local, bastante verde e natural, tanto prezada pelos moradores.

Dentre os serviços básicos, ainda foram realizados projetos de instalações hidráulico-sanitárias, elétricas e de telefonia. O sistema de coleta de esgotos adotado foi o sistema convencional, com trechos em sistema condominial, onde o foco deixa de ser na moradia e passa a ser o conjunto de domicílios, formando uma unidade de coleta de esgoto. Para o sistema de abastecimento de água foi adotado o sistema de redes abertas, devido à baixa densidade e à disposição dos lotes ao longo de uma via principal. As redes elétrica e de telefonia também permaneceram dentro das propostas convencionais no Brasil, devido ao baixo custo. Sendo assim, o arranjo de postes utilizado foi o unilateral, mais indicado para vias locais com largura menor que 9 metros.

5.1 OS ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS

A titularidade de posse aos moradores, e a instalação da rede básica de infraestrutura configuram as necessidades primeiras do assentamento, até então carente de qualquer serviço. Mas o projeto, para garantir a qualidade de vida, não pode se restringir a isso. É necessário também que sejam instalados mobiliários urbanos e que sejam criados espaços de lazer para a comunidade, conforme Figura 5.

Figura 5. Esquema de indicação de áreas para mobiliário urbano e lazer



Os Zooms correspondem às áreas de instalação dos mobiliários urbanos, enquanto as Áreas correspondem aos espaços de lazer criados. Esquema desenvolvido pela autora (sem escala)

Os mobiliários urbanos são equipamentos de pequena escala instalados nos espaços públicos, de forma à dar suporte às redes urbanas fundamentais ou permitir a realização de uma atividade. Tais equipamentos visam garantir a qualidade, segurança e funcionalidade do espaço, além de contribuir para a criação de uma unidade visual no assentamento.

O Zoom 1 foi destinado ao estar, com a instalação de pavimentação e bancos de observação, uma vez que a área já era utilizada como mirante pelos moradores. O Zoom 2 prevê uma pequena área de descanso e uma área de estacionamento. Os Zoom 3, 4 e 5 contemplam as necessidades de bicicletários e de lixeiras como pontos de coleta formais, já que a coleta não pode ser realizada através do caminhão de lixo de casa em casa. O Zoom 6 indica a área de instalação de uma placa de trânsito alertando rua sem saída. O Zoom 7 da espaço a mais uma pequena área de estacionamento, enquanto os Zooms 8 e 9 definem barreiras contra o avanço de automóveis em áreas destinadas somente ao tráfego de pedestres (Ver Figura 6).

Além da instalação dos mobiliários, foram criadas três áreas destinadas ao lazer dos moradores (Áreas 1 a 3, ver Figura 6), e uma área de horta comunitária mais significatva em área (Área 4, ver Figura 6). Essas áreas não são importantes apenas para a garantia da qualidade de vida, mas dar um uso à áreas hoje desocupadas (ou que serão desocupadas para a realização de contenção de encosta) significa também um primeiro passo no caminho do controle de expansão, uma vez que um espaço com uso não será invadido para a construção de novas habitações.

O Espaço de lazer correspondente à Área 1 preza pela ocupação de um espaço onde foi realizado escalonamento de talude para contenção de encosta. Como é uma área localizada próxima ao acesso principal do assentamento, e sem muitas casas que se voltam para o espaço, torna-se essencial um amplo acesso para atrair as pessoas, que é garantido através de rampas acessíveis e escadaria/arquibancada. Quanto ao uso, foi diagnosticado juntamente com os moradores que o local seria adequado para recreação infantil e um pomar. A segunda área tem como objetivo principal consolidar um uso existente e ampliar o potencial do espaço. Atualmente as crianças do Vale dos Guedes usam deste local para empinar pipa. Sendo assim, o projeto visa garantir a segurança dos usuários através de pavimentação adequada e guarda-corpo, assim como prevê um banco que se estende por todo o limite da área, possibilitando também o estar e a contemplação. Por fim, a terceira e última área de lazer vem atender à demanda dos moradores de possuir uma quadra esportiva no assentamento, de modo que as crianças e adolescentes tenham um espaço para praticar esportes e passar o tempo livre.

6. CONCLUSÃO

A proposta de requalificação do assentamento precário do Vale dos Guedes prezou, em todas as decisões projetuais, pela mínima intervenção, menor custo e valorização do ambiente natural, de forma a garantir a sustentabilidade urbana.

A mínima intervenção garante que o Vale dos Guedes, região ainda bastante rica em natureza, mantenha essa qualidade e acrescente apenas o necessário à melhoria da vida urbana, de forma inteligente. A premissa do menor custo garante que o investimento seja viável, fator extremamente importante na sociedade capitalista em que vivemos. E, por fim, a valorização do ambiente natural confere ao projeto a ideologia da busca pelo equilíbrio entre ambiente natural e construído, ressaltando a importância da reserva de capital natural para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACELETE, Graziella Guerra. Direito à moradia: regularização fundiária de favelas. Revista USCS - Direito v. 16, p. 69–83 , 2009.

BRASIL. Medida provisória No 2.220, de 4 de setembro de 2001. Dispõe sobre a concessão de uso especial de que trata o § 1o do art. 183 da Constituição, cria o Conselho Nacional de Desenvolvimento Urbano - CNDU e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil de 5.9.2001a (Edição extra), Casa Civil, Brasília, DF, 4 set. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2220.htm>. Acesso em: 14 nov. 2016.

BRASIL, Estatuto da Cidade. Lei No 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil de 11.7.2001, Casa Civil, Brasília, DF, 11 jul. 2001b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 14 nov. 2016.

BRASIL, Ministério das cidades. Regularização Fundiária Urbana: como aplicar a Lei Federal n° 11.977/2009 .Brasilia: [s.n.]. , 2010

CAMARINHAS, Catarina Teles Ferreira. Arquitectura do planeamento urbano e territorial . [S.l: s.n.]. Disponível em: <http://home.fa.ulisboa.pt/~camarinhas/5RU.htm>., [S.d.]. Acesso em: 14 nov. 2016.

CARNEIRO, Ricardo *et al.* Território , exclusão e políticas de inclusãosocioespacial : uma análise a partir da experiência de Belo Horizonte. SER Social v. 12, n. 27, p. 145–164 , 2010. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/SER_Social/article/view/4140/3451>. Acesso em: 14 nov. 2016.

JUIZ DE FORA (MG), Centro de Pesquisas Sociais da Universidade Federal de Juiz de Fora. Proposta de Plano Municipal de Habitação: Componente A3 do PEMAS . Juiz de Fora: Centro de Pesquisas Sociais da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2007.

JUIZ DE FORA, Prefeitura. Processo 003441: SARAH - Desapropriação de área no local denominado Vale dos Guedes, no bairro Granjas Betânia, com finalidade de regularizaçãofundiária. Remissivo processosns. 5135/07 e 3381/76. Juiz de Fora: [s.n.]., 2011.

JUIZ DE FORA, Prefeitura. Processo 005135: EMCASA - Programa de regularização fundiária: Ocupação de terreno localizado no bairro Granjas Betania. no final da rua nove de julho. Juiz de Fora: [s.n.]., 2007.

JUIZ DE FORA, Prefeitura Municipal. Minuta de lei para parâmetros urbanísticos em AEIS. [S.l: s.n.], 2007.

LAB, Dérive. Calles Compartidas. [s.n.]: Dérive Lab, 2015. 90 p. Disponível em: <http://derivelab.org/publicaciones>. Acesso em: 14 nov. 2016.

ROGERS, Richard. Cidades para um pequeno planeta. São Paulo: Gustavo Gili, 2015. 180 p.

TEIXEIRA, Salete Kozel. Imagens e linguagens do geográfico: Curitiba capital ecológica. 2001. 310 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

108. ESTRATÉGIAS REGENERATIVAS PARA BAIRROS DE PEQUENOS MUNICÍPIOS: ESTUDO DE CASO EM FELIZ/RS

FRANCESCHINI, Paula Brumer[1](paula_brumer@hotmail.com); MOURA, Paula Kvitko de[1] (paulakmoura@gmail.com)*
[1]Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
O município de Feliz/RS é conhecido nacionalmente pela sua alta qualidade de vida e pela sua busca por um desenvolvimento sustentável. Indicadores como o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) e o ISDM (Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios), nos quais Feliz foi classificado nacionalmente em 1º lugar (1998) e em 5º lugar (2012), respectivamente, são exemplos de como o município destaca-se nestes aspectos. Além disto, outros fatores, como a elaboração de um Plano Diretor Participativo, mesmo não sendo necessário já que é um município de pequeno porte, demonstram a preocupação dos governantes e da população com o desenvolvimento da cidade. O objetivo deste trabalho é propor melhorias para bairros baseadas em estratégias regenerativas através de um estudo de caso em dois bairros de Feliz. Os bairros estudados, Vale do Hermes e Bom Fim, funcionam como transição entre a zona urbana (centro da cidade) e a zona rural de Feliz e estão em desenvolvimento. Para isso, foram realizadas (i) a caracterização dos bairros Vale do Hermes e Bom Fim, identificando as características principais e serviços e infraestrutura disponíveis; (ii) análise dos bairros com base na revisão de literatura; (iii) proposta de melhorias para os bairros. Constatou-se que a maioria das edificações dos bairros é residencial, com pouco comércio para suprir as necessidades diárias dos moradores, e que os bairros carecem de áreas públicas de convivência para os moradores. Ao fim, para trazer benefícios para os bairros, foram propostas estratégias regenerativas como: projetar áreas públicas como parques, centro comunitário e quadras esportivas; aumentar a área de produção de alimentos utilizando os vazios urbanos existentes; incluir transporte público e outros tipos de comércio no bairro para aumentar a vivacidade e segurança.
Palavras-chave: Estratégias regenerativas; Desenvolvimento sustentável; Vazios urbanos; Área residencial; Pequenos municípios.

REGENERATIVE STRATEGIES FOR NEIGHBORHOODS OF SMALL MUNICIPALITIES: A CASE STUDY IN FELIZ/ RS

ABSTRACT
The municipality of Feliz/RS is nationally known for its high quality of life and its pursuit for a sustainable development. Indicators as IDH (Human Development Index) and ISDM (Social Indicator of Municipal Development), in which Feliz was nationally classified as 1st (1998) and 5th (2012), respectively, are examples that the municipality stands out in these aspects. Besides that, other factors, like the elaboration of a Participative Master Plan, even not being necessary as it is considered a small municipality, show the government and population concerns about the city development. The objective of this study is to propose improvements to neighborhoods based on regenerative strategies through a case study in two neighborhoods of Feliz. The neighborhoods studied, Vale do Hermes and Bom Fim, are a transition between the urban area (city center) and the rural area of Feliz and they are still in development. To achieve this, it was realized (i) the

characterization of the neighborhoods Vale do Hermes and Bom Fim, identifying the main characteristics and services and infrastructure available; (ii) the analysis of the neighborhoods based on literature review; (iii) the propose of improvements for the neighborhoods. It was found that the majority of the buildings in the area are residential; yet there are few commercial buildings to support the population daily needs and few public areas to leisure activities. At the end, to bring benefits to the neighborhoods, regenerative strategies were proposed such as implement public areas (e.g. gardens, community center, and sport fields); increase areas for growing food using existing urban voids; include public transportations and other types of local commerce in the neighborhoods in order to increase vivacity and security.
Keywords: Regenerative strategies; Sustainable development; Urban voids; Residential area; Small municipalities.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, cerca de 80% da população vive em áreas urbanas, sendo que 75% dos municípios brasileiros possuem até vinte mil habitantes (SOUZA, 2009). Não existe um consenso entre os pesquisadores sobre o que é uma cidade pequena e quais são os critérios para a sua classificação (FIGUEIREDO, 2008). Azevedo (1970) adotou o critério demográfico, que considera o número de habitantes que vive em uma cidade, para agrupar as cidades em três categorias: as cidades pequenas – com população urbana superior a 5 mil habitantes e inferior a 30 mil; as cidades médias, com população urbana superior a 30 mil e inferior a 100 mil; e as cidades grandes, com população urbana superior a 100 mil e inferior a 500 mil habitantes. As cidades com mais de 500 mil habitantes foram classificadas como metrópoles. Considerando esta classificação, mais de dois terços dos municípios brasileiros são considerados cidades pequenas, o que justifica a importância de planejar um desenvolvimento sustentável para estas localidades.

Em 1987 foi publicado o Relatório de Brundtland, documento internacional que alerta sobre a grave situação ambiental mundial e a necessidade de adoção de medidas pelos países para promover o desenvolvimento sustentável. Desenvolvimento sustentável é aquele que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade de gerações futuras de cumprir as suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987). A fim de promover o desenvolvimento sustentável devemos considerar o crescimento planejado e ordenado das cidades, o que incluí principalmente as pequenas cidades já mencionadas por não terem ainda uma estrutura consolidada e possuírem uma grande possibilidade de crescimento e urbanização.

John Lyle (1994) relaciona o desenvolvimento sustentável à utilização de estratégias regenerativas, apontando que, para ser sustentável, o sistema deve realizar a auto renovação contínua. Um sistema regenerativo fornece a reposição contínua, através dos seus próprios processos funcionais, de energia e materiais necessários para seu funcionamento. Em contraposição aos sistemas industriais, os sistemas regenerativos buscam utilizar os processos naturais da área, possibilitando o uso integral da capacidade da terra de conversão, distribuição, filtração, assimilação e armazenamento.

Visto isto, este estudo objetiva identificar estratégias regenerativas que podem ser implementadas em bairros de cidades pequenas visando o desenvolvimento planejado e sustentável da região. Assim, é apresentado um estudo de caso em dois bairros do município de Feliz, no Rio Grande do Sul: o bairro Bom Fim e o bairro Vale do Hermes. Feliz é considerada uma cidade pequena, pois possui cerca de 13.208 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE, 2015). Além disto, pode-se notar a consciência ambiental presente no planejamento da cidade através da implementação de um plano diretor participativo e da posição da cidade nos

principais indicadores de desenvolvimento: 1º lugar no IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) em 1998 e 5º lugar no ISDM (Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios) em 2012.

1.1 O município de Feliz/RS

Feliz é um município localizado no Estado do Rio Grande do Sul, no Brasil. A área total de Feliz é de 95,37 km², divididos entre a zona urbana e zona rural (IBGE, 2015). A cidade possui acesso às principais rodovias estaduais e federais, como RS 122, RS 240 e a BR 116. Feliz está localizada no Vale do Caí, também conhecido como vale da felicidade, e limita-se ao norte com os municípios de Alto Feliz e Vale Real, ao sul com São Sebastião do Caí e São José do Hortêncio, a leste com Nova Petrópolis e Linha Nova e a oeste com Bom Princípio (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2016). O município está, em quase toda sua extensão, localizado na margem direita do Rio Caí e é cortado pela rodovia RS 452. O relevo é principalmente caracterizado por planícies, morros e vales. No norte do município, os montes e morros se acentuam. Os de maior distância e altitude são o Morro das Batatas e o Morro Seidel. A planície que margeia o rio Caí destaca-se pela grande fertilidade do solo, bem como as planícies ao longo dos arroios (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2016). Feliz está localizada entre dois polos econômicos: 80 Km da região metropolitana de Porto Alegre e 45 Km da região serrana do estado. A economia da cidade está distribuída em três grandes setores: agricultura (35,19%), indústria (34,66%) e comércio e serviços (30,15%). A Secretaria Municipal da Agricultura é responsável por promover o desenvolvimento econômico do município por meio do fomento à agricultura, através de uma série de programas e projetos, visando a implantação ou expansão de negócios (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2016). As 720 propriedades rurais ocupam uma área total de 4.850 ha, em que se cultivam principalmente hortigranjeiros (tomate, alface, pimentão, pepino). As frutas de maior destaque do município são o morango, o figo, a goiaba e a amora. A produção de aves de corte é muito desenvolvida. Também tem destaque a criação de suínos e gado leiteiro.
O início da colonização na cidade ocorreu em 1846, com pessoas provenientes de colônias mais antigas do entorno, como Dois Irmãos, e da Alemanha. Atualmente, Feliz tem uma população estimada de 13.208 habitantes e uma densidade demográfica de 129,59 hab/km² (IBGE, 2015). A população que reside na área urbana representa 76,18% e os outros 23,82% moram na zona rural. Os bairros principais da cidade são: Escadinhas, São Roque, Arroio Feliz, Bom Fim, Vale do Lobo, Roncador, Coqueiral, Bananal, Morro das Batatas, Matiel, Vale do Hermes, Vila Rica, Picão e Canto do Rio (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2016).
O município de Feliz/RS é conhecido nacionalmente pela sua alta qualidade de vida e pela sua busca por um desenvolvimento sustentável. Indicadores como o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) e o ISDM (Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios), nos quais Feliz foi classificado nacionalmente em 1º lugar (1998) e em 5º lugar (2012) respectivamente, são exemplos de como o município destaca-se nestes aspectos (tabela 1). Além disto, outros fatores, como a elaboração de um Plano Diretor Participativo, mesmo não sendo necessário porque é considerado um município de pequeno porte, demonstram a preocupação dos governantes e da população com o desenvolvimento da cidade, além de ser uma oportunidade para que se pense sobre o futuro planejado e orientado para a cidade.

Tabela 1 – Indicadores da alta qualidade de vida da Feliz

Ano	Indicadores
1998	Município brasileiro de maior IDH* (ONU)
2010	Município brasileiro com o menor índice de analfabetismo (IBGE)
2012	Maior ISDM** do Estado e o 5º maior do país (FGV-SP)
2015	11º cidade mais igualitária do Brasil (Atlas da Exclusão Social no Brasil)

Fonte: Autores (2016)

Outros aspectos também contribuem para demonstrar a preocupação do município de Feliz com o desenvolvimento sustentável da cidade e melhorar o padrão de vida de seus moradores. Alguns exemplos são: 99,6% dos moradores urbanos contam com o serviço de coleta de resíduo e não há moradores vivendo em aglomerados subnormais, como favelas e similares (IBGE, 2015).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é propor melhorias para bairros com a utilização de estratégias regenerativas através de um estudo de caso em dois bairros do município de Feliz. Os bairros estudados, Vale do Hermes e Bom Fim, funcionam como transição entre a zona urbana (centro da cidade) e a zona rural de Feliz e estão em desenvolvimento.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa utilizou como método o estudo de caso, acrescentando ao fim propostas para a área estudada baseadas na revisão de literatura. A área de estudo são dois bairros do município de Feliz, no Rio Grande do Sul. Para tanto, as atividades de pesquisa foram divididas em três etapas: caracterização dos bairros, análise dos bairros e proposta de melhorias.

3.1 Caracterização dos bairros

Com o objetivo de propor melhorias para bairros através da utilização de estratégias regenerativas, este estudo iniciou com a caracterização de dois bairros da cidade de Feliz, no Rio Grande do Sul. O bairro Bom Fim faz parte do perímetro urbano desde 1979, abrangendo a região central da cidade e suas proximidades. Já o bairro Vale do Hermes foi incluído no perímetro urbano em 1984. O bairro Bom Fim limita-se ao sul com o município de Bom Princípio, ao norte com o bairro Vale do Hermes, a leste com a localidade de Escalinhas, a oeste com Bom Fim Alto. O relevo deste bairro é em sua maioria plano, com a existência de dois morros: o Morro Simon e o Morro Seidel. O rio Caí banha uma parte da localidade. Já o bairro Vale do Hermes limita-se ao norte com o começo da zona rural de Feliz, a leste com o Morro das Batatas, a oeste com a localidade de Boa Vista e ao sul com o bairro Bom Fim.

Os dois bairros estudados têm características referentes a localização, limites e características populacionais em comum (IBGE, 2015):

- São regiões com densidade de 713 a 1500 habitantes/km²;
- Apresentam de 301 a 400 domicílios;
- Consistem de uma via de acesso para a Zona Rural (Estrada do Hermes) uma via arterial (Rua Reverendo Cônego Becker), uma via coletora (Rua do Bom Fim) e demais vias locais;
- Não possuem todas as vias pavimentadas;
- Possuem vazios urbanos, principalmente na área que faz a ligação entre os dois bairros.

Para a caracterização dos bairros, além da utilização de dados demográficos, foi realizada uma visita técnica no local para levantamento das residências, comércio e serviços presentes na área. Em relação às residências, foi verificado: (i) existência de hortas, que está relacionada à produção local de alimentos, e (ii) existência de veículos, que está relacionada à mobilidade urbana, visto que o transporte público é escasso ou inexistente na área.

3.2 Análise dos bairros

Com os dados obtidos na caracterização dos bairros foi realizada uma análise dos mesmos com base em uma revisão de literatura. Foram consideradas nesta análise os seguintes itens, descritos nos resultados: (i) uso do solo (residencial, comercial ou misto), (ii) infraestrutura, (iii) configuração urbana, entre outros fatores importantes para um desenvolvimento sustentável.

3.3 Proposta de melhorias

A partir da análise dos bairros, foi possível propor melhorias para cada um dos itens considerados através de estratégias regenerativas. Estratégias regenerativas consideram a natureza como modelo e contexto, priorizando a sustentabilidade. As estratégias abordadas podem ser implementadas em contextos semelhantes a este estudo de caso, considerando a dimensão dos bairros e da cidade em questão, o nível de conscientização dos seus moradores e os recursos disponíveis no local.

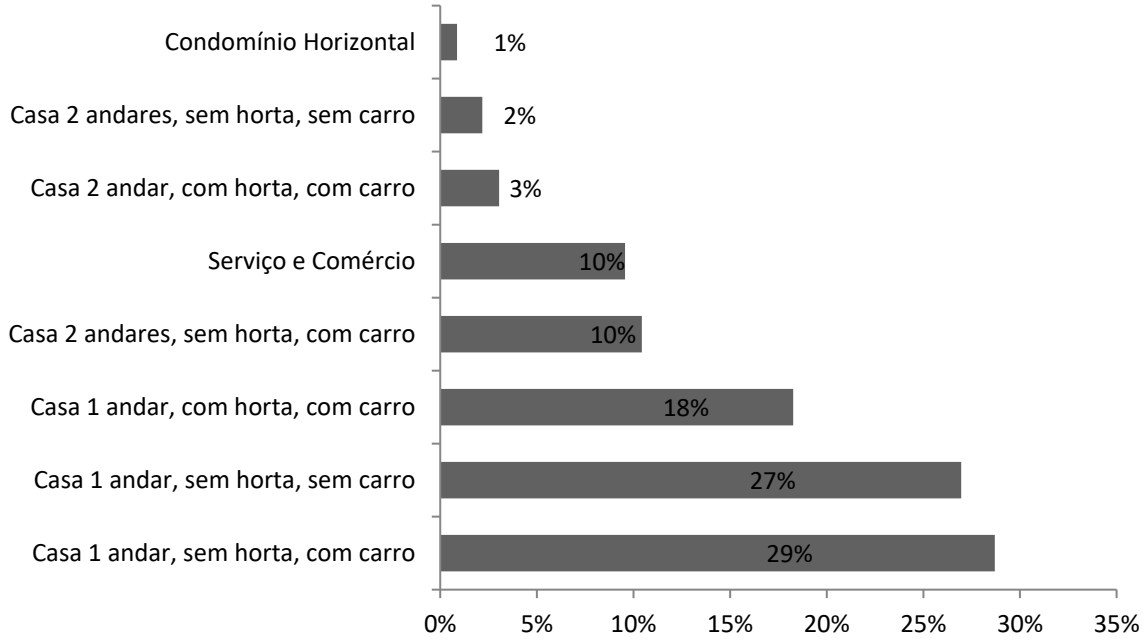
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 USO DO SOLO

Durante a visita técnica realizada, pôde-se observar que os bairros Vale do Hermes e Bom Fim são predominantemente residenciais, com poucas edificações de comércio e serviços (gráfico 1). A maioria das residências é de um pavimento (75%) e as edificações não residenciais são caracterizadas principalmente por: 1 cervejaria, 1 clínica de fisioterapia, 1 estética, 1 mecânica, 1 minimercado e açougue, 1 indústria de calçados, 2 bares e 1 casa de eventos. Também, nos dois bairros há uma escola de educação infantil e não foram identificadas áreas destinadas para o uso comum dos residentes, como parques e centros comunitários, apenas vazios urbanos. Desta forma, durante o dia existe pouca movimentação nas ruas, reduzindo a segurança e vivacidade dos bairros. Devido à escassez de locais de comércio e serviço nos bairros, grande parte dos moradores se desloca diariamente para outros bairros ou outras cidades para trabalhar e suprir as suas necessidades. Isto traz a necessidade dos moradores possuírem veículo próprio, uma vez que o transporte público é escasso ou inexistente nesta região. Faar (2008) comenta que bairros sustentáveis devem ter uma mistura equilibrada de usos do solo e tipos de habitação. Uma variedade de usos permite que os moradores morem, trabalhem, se divirtam, se exercitem, façam compras e satisfaçam suas necessidades diárias a pé. Uma variedade de tipos de edificações permite que pessoas com diferentes rendas e estilos de vida vivam no mesmo bairro. Essa variedade reduz os deslocamentos, promove o contato social, elimina a segregação, aumenta a vivacidade e a segurança. Alexander (2013) também comenta que os locais de trabalhos devem ser bem distribuídos por toda cidade, adotando um padrão disperso e descentralizado, integrando a família e o trabalho. Os bairros em estudo não possuem muitos estabelecimentos de comércio e serviços que proporcione trabalho suficiente para os moradores da região. Também, não apresentam uma mistura equilibrada de uso de solo, já que a maioria da ocupação é residencial. Visto isto, há a necessidade de aumentar o número de estabelecimentos de comércios e serviços a fim de proporcionar mais diversidade de uso, e como consequência, novas oportunidades de

empregos para os moradores da região. Adotando-se estas estratégias, os bairros terão mais vivacidade durante o dia, trazendo mais segurança para os moradores do local.

Gráfico 1 – Tipologia das edificações dos bairros Bom Fim e Vale do Hermes



Fonte: Autores (2016)

Os bairros em questão, embora estejam separados do centro da cidade de Feliz por uma rodovia, não se configuram, atualmente, como zona rural. Porém, por estarem no limite da zona rural, podem ser considerados como uma transição entre a zona rural e urbana. Alexander (2013) comenta que estas áreas de transição são uma alternativa à ideia de subúrbio, já considerada ultrapassada pelo autor. Também, estas áreas se configuram como possibilidade de crescimento econômico (comércio local e novos empregos) e social (criação de conexão entre a zona rural e urbana). Desta forma, os bairros Vale do Hermes e Bom Fim poderiam se beneficiar com a possibilidade de se tornar um local com equipamentos que beneficiem seus moradores como: casas para hospedagem aos finais de semana; colônias de férias; retiros para recuperação da saúde física e mental; balneários públicos; locais para acampamento; comércios de produtos do campo e restaurantes típicos da culinária da região.

Uma das características identificadas nos bairros em estudo é a falta de áreas públicas, associação de moradores e centros comunitários. É necessária a existência desses equipamentos para fortalecer o senso de coletividade dos moradores, fazendo com que todos se envolvam no seu desenvolvimento. Uma vez organizados, os moradores do Vale do Hermes e do Bom Fim teriam a possibilidade de formarem novas estruturas de trabalho baseadas nas tecnologias regenerativas, trazendo uma série de benefícios ao tecido social do bairro. Lyle (1994) afirma que a ampla participação dos cidadãos, como equipes interdisciplinares, é um meio para a expansão da base de informações para o projeto regenerativo. Devido à presença de grandes vazios na área em estudo, há potencial ainda a ser explorado para que novos equipamentos voltados a comunidade se estabeleçam no local, como parques, quadras esportivas, hortas comunitárias e outras atividades que estimulem o senso de coletividade dos moradores.

Em relação à educação e à existência de apenas uma escola de educação inicial, seria importante que mais atividades que estimulem o aprendizado fossem localizadas nos bairros. Alexander (2013) sugere que seminários e oficinas sejam encorajados entre as crianças assim como a construção de lares infantis que tenham atividades extras. Lyle (1994) também sugere que as escolas poderiam agregar ao seu currículo atividades educativas voltadas a natureza, como exemplo, criação de uma horta escolar, preservação da vegetação e dos animais, separação de lixo, dentre outras atividades. Feliz apresenta dados relevantes em relação a frequência escolar: 11,4% das crianças de 7 a 14 anos não estão cursando o ensino fundamental e 50,6% crianças de 15 a 17 não estão cursando o ensino médio (IBGE, 2015). Desta forma, a educação ainda é um aspecto que deve ser melhorado na cidade.

4.2 INFRAESTRUTURA

Outra estratégia regenerativa proposta na literatura está relacionada aos resíduos. Lyle (1994) define resíduo como material considerado inútil, o qual se joga fora após o uso. Porém, de acordo com as estratégias regenerativas, os materiais devem ser sempre reutilizados. Quando a composição química dos materiais não permite sua reutilização, ou quando suas quantidades estão além da capacidade de processamento, desenvolve-se um problema grave de poluição ou sobrecarga do sistema. Nos bairros estudados há a coleta seletiva, contudo existe a necessidade de melhorar a separação dos resíduos e incentivar a comercialização dos materiais para reciclagem. Outra alternativa poderia ser a utilização de áreas públicas para promover a reutilização dos resíduos orgânicos, por exemplo, através da compostagem.

O abastecimento de água potável, o esgoto sanitário e a coleta de resíduos são alguns serviços que melhoram a qualidade de vida das comunidades. Em Feliz, em 1991, 56,6% dos moradores urbanos tinham acesso à rede de água geral com canalização em pelo menos um cômodo. Em 2010, esse percentual passou para 86,1% (IBGE, 2015). Em 1991, 39,2% dos moradores urbanos tinham acesso à rede de esgoto adequada (rede geral ou fossa séptica), passando para 76,9% em 2010 (IBGE, 2015).

Os bairros em estudo não carecem de infraestrutura relacionada ao tratamento de esgoto e águas residuais. Porém é importante estar atento principalmente devido às proximidades dos bairros com a bacia hidrográfica formada pelo rio Caí e seus afluentes. A bacia hidrográfica do rio Caí tem uma superfície de 4.945,70 km² (IBGE, 2009) e serve total ou parcialmente 41 municípios e tem uma população total com aproximadamente 383.929 habitantes, sendo que 25% habitam a área rural e 75% a área urbana. Esta bacia hidrográfica é utilizada principalmente irrigação, uso industrial e abastecimento público. Os principais agentes degradantes da bacia são a exploração agrícola intensa. Desta forma, o Rio Caí é o terceiro rio mais poluído do Estado e o oitavo mais poluído do Brasil (IBGE, 2015). A qualidade da água varia de acordo com a declividade da Bacia, sendo a parte mais alta com melhor qualidade de água e a parte média e baixa com qualidade pior devido a poluição das áreas urbanas e industriais.

Lyle (1994) afirma que um sistema de águas regenerativo deve considerar a bacia hidrográfica como uma unidade, a fim de promover a renovação permanente da vida e a renovação permanente da água. É necessário, portanto, adotar algumas práticas de modo a não degradar este ecossistema, evitando a contaminação das águas, e utilizar este sistema natural a seu favor. Exemplos de práticas que poderiam ser adotadas são: a utilização de plantas para o tratamento de esgotos, para que os dejetos e aditivos químicos não sejam lançados nas águas da bacia, contaminando-as; a plantação de árvores, que ajudam no ciclo da água e de purificação do ar através dos processos de transpiração e evaporação, além de sustentarem o solo, evitando a erosão; evitar o consumo excessivo de água, para preservar este recurso que é essencial à vida; e utilização de técnicas para

melhorar a drenagem, como pavimentação porosa, coleta de água nas coberturas das edificações e cisternas para armazenamento (LYLE, 1994).
Os bairros Vale do Hermes e Bom Fim também carecem de atividades de conscientização do uso de energia para que os habitantes adotem práticas mais sustentáveis. As novas construções devem considerar estratégias regenerativas como ser passivamente climatizadas, sem instalação mecânica (LYLE, 1994). Não foi visto em nenhuma das habitações o uso de coletores solares ou outras técnicas sustentáveis. Nas áreas de vazios entre os bairros, também pode ser colocado protótipos de coletores solares e outros tipos de fontes renováveis para incentivar o ensino e adoção de novas soluções para redução do consumo através de oficinas e workshops para a comunidade.
A maioria das habitações também possui veículo próprio mostrando a inexistência ou a ineficiência do transporte público no bairro e contribuindo para o aumento das emissões de carbono. Também, devido à baixa diversidade de comércios e serviços, os moradores precisam utilizar ainda mais o transporte individual para se deslocarem para outras localidades a fim de suprirem as suas necessidades. É necessário diagnosticar as necessidades dos moradores dos bairros para sugerir melhorias e novas medidas para o transporte público. Em relação ao transporte nos bairros, pode-se incentivar o transporte público a partir de uma análise do contexto da região e também a utilização de carros pequenos, substituindo veículos que usam o petróleo por veículos movidos a hidrogênio, energia elétrica ou biocombustível. Além disso, deve-se estimular o uso de bicicletas, propondo um transporte seguro nas vias de maior fluxo com ciclovias.

4.3 CONFIGURAÇÃO URBANA

Farr (2008) identifica que um bairro sustentável deve ter: centro e limites identificáveis, tamanho ideal para pedestres, composição de usos do solo e tipos de habitação com oportunidades para o comércio e locais de trabalho próximos das moradias, rede integrada de vias orientadas para o pedestre e terrenos especiais são reservados para propósitos cívicos. Os bairros estudados carecem de vários aspectos citados acima. Não é possível identificar o centro, assim como os limites. Os equipamentos de comércio e serviço estão dispersos entre os bairros não consolidando um centro. Também, não há equipamentos, áreas e espaços públicos que permitam a reunião dos moradores. Farr (2008) também afirma que o tamanho total de um bairro deve ser adequado para o pedestre e variam entre 16 e 80 hectares. A maioria das pessoas caminha uma distância de 400 metros antes de retornar ou optar por dirigir ou ir de bicicleta. No estudo de caso dos bairros Vale do Hermes e Bom Fim, em Feliz, não foram identificadas atividades comerciais ou de lazer distribuídas homogeneamente em uma distância de 400 metros das residências.
É necessário propor melhorias através de estratégias regenerativas visando principalmente o desenvolvimento do bairro em relação ao incentivo do comércio local, novas oportunidades de trabalho, transporte público e vias que priorizem os pedestres, atividades educacionais e criação de novos espaços coletivos para o uso dos moradores.

5. CONCLUSÃO

Este artigo buscou identificar um conjunto de estratégias regenerativas que podem ser implementadas em bairros a fim de promover o desenvolvimento sustentável do local. Estratégias regenerativas são aquelas que consideram a natureza e o contexto e propõem soluções que utilizam os recursos disponíveis sem causar impactos ao meio ambiente. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em dois bairros na cidade de Feliz, no Rio Grande do Sul.
A partir da análise dos bairros em estudo, constatou-se que existem muitas alternativas para promover o desenvolvimento sustentável nestas áreas: a mistura de usos do solo, como residencial

e comercial, a fim de suprir as necessidades diárias dos moradores localmente; o tratamento de zonas de transição entre a área urbana e a área rural da cidade utilizando o seu potencial de crescimento econômico e social; o incentivo à participação e ao convívio dos moradores, através da implementação de equipamentos para a comunidade e áreas verdes; a educação e conscientização dos moradores em relação à adoção de práticas sustentáveis; o incentivo à separação correta de resíduos e reutilização ou reciclagem sempre que possível; a implementação da rede de água potável e esgoto sem prejudicar as bacias hidrográficas da região; a implementação do transporte público de forma a beneficiar os moradores e evitar o uso de veículos individuais; o incentivo ao uso de bicicleta e deslocamentos a pé; o incentivo ao uso de energias renováveis e alternativas que não causem danos ao meio ambiente.

Estas estratégias regenerativas propostas são viáveis de serem implementadas em muitos contextos. Sugerimos neste estudo a implementação em bairros de municípios pequenos por estes estarem ainda em desenvolvimento e terem perspectiva de crescimento. Uma limitação encontrada para a implementações de estratégias regenerativas em uma cidade grande é pelo fato de a região já ter uma malha consolidada, não ter áreas para expansão, além de necessitar de mais recursos físicos e financeiros para abranger toda a sua extensão. Esta pesquisa serviu como etapa inicial à proposta de estratégias regenerativas para bairros de pequenos municípios, muito trabalho ainda pode ser desenvolvido nesta área, como a avaliação da implementação destas estratégias a fim de mensurar o benefício real que elas podem proporcionar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, Christopher; ISHIKAWA, Sara; SILVERSTEIN, Murray; JACOBSON, Max; FIKSDAHL-KING, Ingrid; ANGEL, Shlomo. **Uma Linguagem de Padrões. A Pattern Language**. Porto Alegre, Bookman, 2013.

AZEVEDO, Aroldo. **Brasil a terra e o homem: a vida humana**. v. 2. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1970. 490 p.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Brundtland report - our common future**, 1987.

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável – Desenho Urbano com a Natureza**. Porto Alegre, Bookman, 2008.

FIGUEIREDO, Vilma Dominga Monfardini. **Pequenos municípios e pequenas cidades do estado do rio grande do sul: contrastes, perfil do desenvolvimento e de qualidade de vida**, 1980-2000. 2008. p. 267.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Feliz – RS**. 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430810&search=rio-grande-do-sul|feliz>. Acesso em: 14 set. 2016

LYLE, John Tillman. **Regenerative design for sustainable development**. John Wiley & Sons, Hoboken, 1994

PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ. **Prefeitura municipal de Feliz**. Disponível em: <http://www.feliz.rs.gov.br/>. Acesso em 10 set. 2016.

114. A INFRAESTRUTURA VERDE COMO RECURSO PARA COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM URBANA CONTEMPORÂNEA

FOLONI, Fernanda Moço[*1] (fe_foloni@hotmail.com); BIERNATH, Karla Garcia[1] (karlabiernath@hotmail.com); CONSTANTINO, Norma Regina Truppel[1] (ncosnt@faac.unesp.br)*
[1]Universiade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Brasil
**Autor correspondente*

RESUMO
As cidades modernas vêm sofrendo há algumas décadas com vários problemas relativos à infraestrutura urbana – drenagem ineficiente, trânsito caótico, falta de saneamento básico – e ambientais – aumento de temperatura, ausência de espaços verdes e rios poluídos. São problemas intimamente relacionados, visto que a paisagem urbana é a composição de todos os elementos desse espaço: as ruas, as construções, os espaços livres, os córregos, a vegetação e as pessoas. Portanto, ao buscar a solução mais adequada, é necessária uma multidisciplinaridade, tanto de profissionais técnicos – arquitetos, urbanistas, engenheiros, ambientalistas - agentes políticos e a população, quanto de métodos aplicados na extensão do espaço urbano. Esta pesquisa apresenta a infraestrutura verde como recurso de recuperação ambiental integrada à cidade, oferecendo opções que transformem o espaço em multifuncional, revitalizem áreas degradadas, e apresentem novos usos para os vazios urbanos. A partir do embasamento teórico, foi buscada junto à população do estudo de caso apresentado – Bauru/SP – a opinião a respeito da aplicabilidade da infraestrutura verde na cidade, por meio de um questionário ilustrado e de múltipla escolha. A avaliação a respeito das obras públicas de drenagem e projetos para espaços livres também foi obtida analisando as entrevistas realizadas com profissionais conhecedores das respectivas áreas, que auxiliaram na compreensão das dificuldades encontradas para suas execuções. As informações coletadas serviram como base para a elaboração de uma análise da infraestrutura verde empregada em três escalas: a do lote, a do bairro e da cidade, concluindo não apenas sobre a eficiência da implantação deste sistema, como também sua relação com os moradores.
Palavras-chave: Paisagem urbana; Infraestrutura verde; Participação popular; Bauru/SP.

GREEN INFRASTRUCTURE AS A RESOURCE FOR COMPOSITION OF CONTEMPORARY URBAN LANDSCAPE

ABSTRACT
Modern cities have been suffering for several decades with various problems related to urban infrastructure - inefficient drainage, chaotic traffic, lack of basic sanitation - and environmental problems - increase in temperature, absence of green spaces and polluted rivers. They are closely related problems, since the urban landscape is the composition of all of it's elements: streets, constructions, free spaces, streams, vegetation and people themselves. Therefore, in seeking the most appropriate solution, a multidisciplinarity is required of not only technical professionals - architects, town planners, engineers, environmentalists - but also political agents and the population, as well as the methods applied in the extension of the urban space. This research presents the green infrastructure as an integrated environmental restoration to the city, offering options that transform multifunctional space, revitalize degraded areas, and present new uses for urban voids. From the theoretical foundation, it was sought within the town's people by the presented case study - Bauru/SP - their opinion about the applicability of green infrastructure in the city, through an illustrated and

multiple choice questionnaire. An evaluation of public drainage works and open spaces projects was also obtained by analyzing interviews with experts from their respective area, which assisted in understanding the difficulties encountered in their execution. The information collected served as a basis for the analysis elaboration of the green infrastructure used in three scales: the residential lot, the neighborhood and the city, concluding not only on the implantation efficiency of this system, but also its relation with the residents.
Keywords: Urban landscape; Green infrastructure; Popular participation; Bauru/SP.

1. INTRODUÇÃO

Primeiramente, em um estudo da paisagem urbana, é necessário buscar sua definição antes de analisá-la. Gordon Cullen (1983, p.135) considera um edifício como arquitetura, enquanto dois são definidos como paisagem urbana, “porque a relação entre dois edifícios próximos é suficiente para liberar a arte da paisagem urbana”.
Essa interpretação aproxima-se da própria definição de paisagem adotada por Martin Seel (2011), que classifica a natureza de duas formas: a natureza em si é a totalidade, e a natureza modificada é a paisagem. Quando diz “natureza modificada”, refere-se àquela que é observada pelo homem ou sofreu sua influência, determinando-o também como parte do conjunto da paisagem. Seel (2011, p.402) ainda denomina a paisagem como natureza problemática, e afirma que em seu meio “está largamente difundida uma relação instrumental para com ela: através do desenvolvimento tecnológico e da intervenção técnica, a natureza canônica repercute-se na problemática”.
Por fim, para Besse (2014, p.08) a paisagem moderna deve ser “[...] tratada no âmbito de uma reflexão mais geral sobre as cidades e a extensão suburbana, sobre os locais industriais e sua ocupação territorial, sobre as áreas industriais devolutas, sobre o impacto das instalações técnicas dedicadas ao transporte dos homens e das mercadorias”.
É neste contexto que Herzog (2013, p.115) vê o desenvolvimento no entorno de rios e mares, como sendo uma evidência de que “as águas fazem parte das paisagens naturais e culturais ao longo da história”. Afirma ainda que “o sistema hidrológico de grande parte das cidades foi tremendamente alterado, ao longo da ocupação da paisagem, para dar lugar a urbanização”. Isso aconteceu porque, “o crescimento urbano, estruturado pela cultura do uso de veículos automotores e pela valorização do solo urbano (especulação imobiliária), aliado à falta de planejamento ecológico de ocupação da paisagem, levou as cidades a apresentar alto percentual de áreas impermeáveis” (HERZOG, 2013, p.115-116).
Na busca por recuperar e aproveitar melhor as possibilidades e o conforto que a natureza proporciona, foi desenvolvido o conceito de infraestrutura verde. Segundo Cormier e Pellegrino (2008) ela “pode ser vista como uma tapeçaria formada por uma variedade de espaços abertos, dentro e ao redor de uma cidade”. Benedict e Mcmahon (2001) explicam que a infraestrutura verde é necessária para a sustentabilidade social, ambiental e econômica. Diferente das abordagens convencionais de engenharia e drenagem, que são monofuncionais, sugerem a conservação de valores junto ao desenvolvimento do território, da gestão e das estruturas consolidadas.
Acrescentando à definição do termo, Foster, Lowe e Winkelman, (2011) consideram as abordagens não estruturais (regulamentos, incentivos, legislação) como complemento da infraestrutura verde: “as aplicações dessas abordagens [estruturais e não estruturais] em escala de infraestrutura verde variam de edifícios individuais, lotes e bairros para cidades inteiras e regiões metropolitanas”.
Tratando das abordagens estruturais, “as estratégias de infraestrutura verde podem ser implementadas através de grandes projetos públicos centralizados, ‘macro’, ou através de

aplicações descentralizadas e menores, 'micro', na propriedade privada" (FOSTER; LOWE; WINKELMAN, 2011).

Na mesma linha de pensamento, Herzog (2013) afirma que as medidas estruturais de drenagem da infraestrutura verde podem ser aplicadas em três escalas, a do lote, o bairro e da cidade. Nas duas primeiras, também conhecidas como escala local, elenca as seguintes tipologias – multifuncionais – para áreas urbanizadas: **alagados construídos** (*wetlands*); **bioengenharia** (técnicas de contenção de muros, taludes e encostas com materiais alternativos e inertes – como bambu, pneu, pedras e troncos – com vegetação); **biovaleta** (jardins lineares ao longo de vias); **jardins de chuva** (jardins que recebem água de superfícies impermeáveis); **canteiros pluviais** (jardins de chuva em menores dimensões, para ruas, residências ou edifícios); **intersecções viárias** (ilhas de distribuição de transito viário com áreas permeáveis ou vegetadas); **lagoas pluviais** (ou bacia de retenção ou biorretenção); **lagoas secas** (ou bacias de detenção); **tetos e paredes verdes** (reduzem, retém e filtram a água das chuvas); **pavimentos porosos** (drenantes); ***woonerf*** (rua interna onde circulam apenas pedestres e ciclistas); **ruas verdes** (ruas arborizadas integradas a um plano que abrange a bacia de drenagem); **vias de uso múltiplo** (ruas completas que possuem arborização e diversas das tipologias citadas); **corredores verdes** (*greenways*, multifuncionais, projetados ao longo de rios e à beira de corpos d'água) (HERZOG, 2013, p.157-170).

Cormier e Pellegrino (2008) propõem 5 conexões entre a infraestrutura verde e as pessoas, no intuito de viabilizar trabalhos mais duradouros: a conexão pela educação; a expressão da identidade regional (morfológica); conexão por meio da arte; o movimento moderno (corrente artística e a ideia da forma seguindo a função); e propiciar o encontro (integração social e recreacional). Assim, conforme Cormier e Pellegrino, é possível conseguir a eficiência e durabilidade, possibilitada pela gestão integrada e a participação popular junto à administrativa, além da multidisciplinaridade de profissionais envolvidos no desenvolvimento e execução, considerando a paisagem urbana, sua morfologia, e identidade.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste em estudar a aplicabilidade da infraestrutura verde na paisagem urbana de Bauru, cidade do interior de São Paulo, através das escalas do lote, do bairro e da cidade.

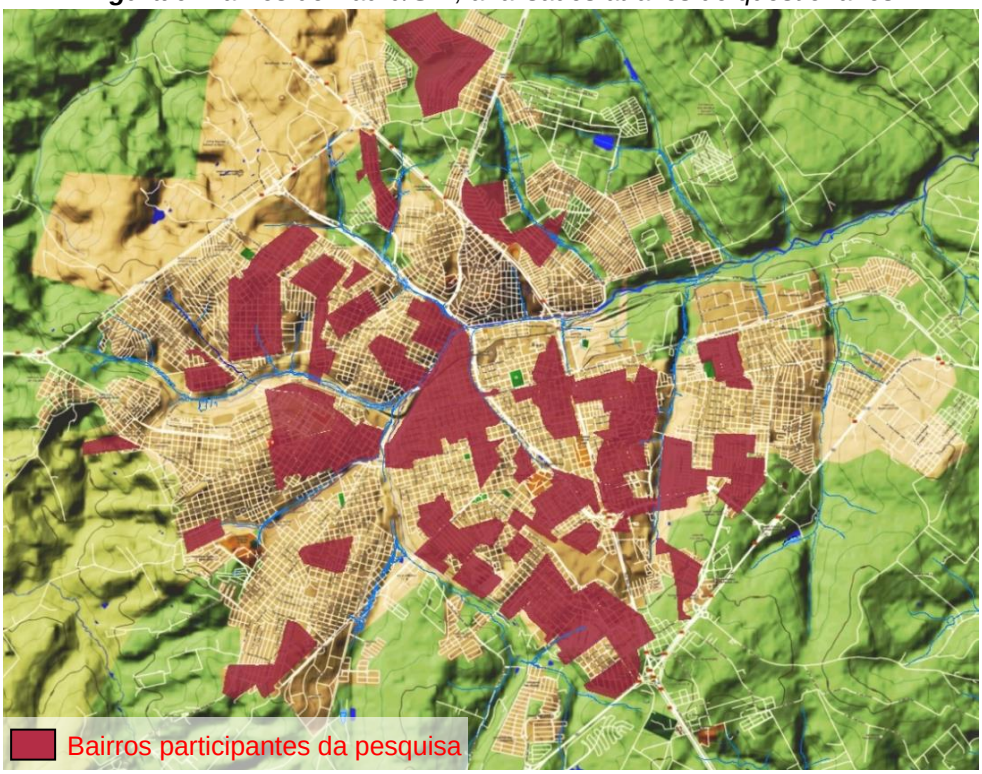
3. MÉTODO DE PESQUISA

A elaboração do presente artigo foi realizada através de pesquisas bibliográficas, com a finalidade de inseri-lo dentro de um referencial teórico por meio da contribuição dos trabalhos de diversos autores sobre paisagem urbana e infraestrutura verde; como complementação, foram efetuados diversos questionários e entrevistas, a fim de apurar a opinião da população bem como a experiência de entidades públicas com a infraestrutura verde.

As entrevistas foram realizadas com profissionais do setor público ligados à área ambiental. Foram levantadas informações a respeito de projetos executados ou em andamento na cidade de Bauru, e das dificuldades enfrentadas para aplicação de propostas de infraestrutura verde.

O questionário elaborado pelas autoras, ilustrado e de múltipla escolha, foi aplicado a 83 pessoas, sendo 41 respostas obtidas por meio de formulário online enquanto as demais foram preenchidas por pedestres no Calçadão do centro da cidade e funcionários da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP-Bauru. O alvo foram moradores de Bauru de diferentes bairros, de forma que através de suas percepções, avaliássemos a qualidade da drenagem e dos espaços livres em vários pontos da cidade (Figura 1).

Figura 9. *Bairros de Bauru/SP[1], analisados através de questionários*



Fonte: elaborado pelas autoras a partir de imagem do Google Maps

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os dados gerais obtidos na aplicação do questionário em 39 jovens (de 15 a 29 anos), 40 adultos (de 30 a 59 anos) e 4 idosos (mais de 60 anos), 28,92% afirmaram morar em apartamento, 66,26% em casa e 4,82% em condomínio fechado. A partir do levantamento do espaço disponível de área livre dentro do lote, informado pelos entrevistados, foi analisada a frequência de vegetação e de áreas permeáveis. Quanto à infraestrutura da cidade, todos afirmaram possuir água e esgoto encanado; 7,23% não têm a rua pavimentada; e 6,02% tem suas residências alagadas sob chuva forte.

Outro ponto levantado pela avaliação foi a presença de córregos próximos às residências: 24,1% afirmaram que haviam cursos d'água nas proximidades – dentre estes apenas um não sabia o nome. Entretanto, 19,28% não estavam cientes da presença de cursos d'água em seus bairros,

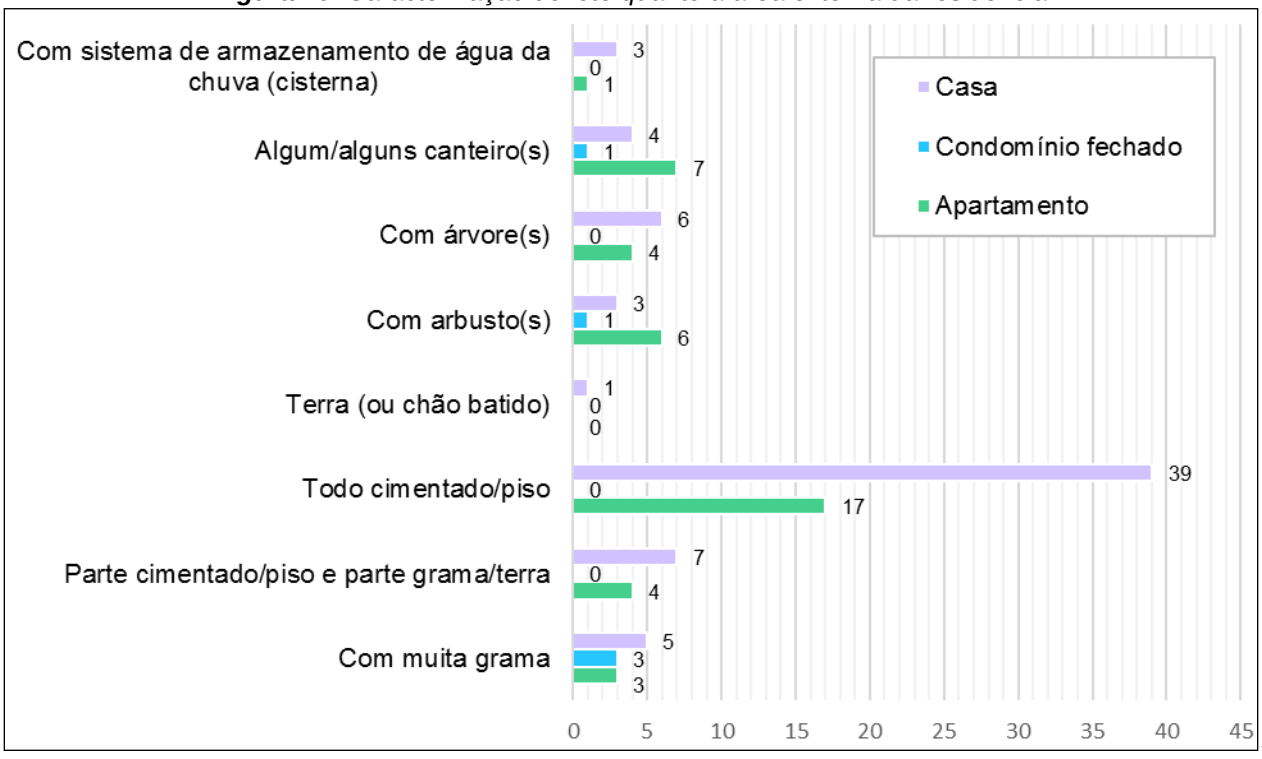
[1] Altos da Cidade; Centro; Cidade Jardim; Conj. Hab. Joaquim Guilherme de Oliveira; Flamboyants; Higienópolis; Jd. América; Jd. Auriverde; Jd. Bela Vista; Jd. Colonial; Jd. Contorno; Jd. Cruzeiro do Sul; Jd. Estoril; Jd. Europa; Jd. Florida; Jd. Gerson França; Infante D. Henrique; Jd. Marambá; Jd. Olímpico; Jd. Panorama; Jd. Petrópolis; Jd. Prudência; Jd. Redentor; Jd. Samburá; Jd. Terra Branca; Jd. TV; Jd. Marajoara; Novo Jd. Pagani; Núcleo Res. Presidente Geisel; Pq. Paulistano; Pq. Real; Pq. Roosevelt; Pq. Santa Edwiges; Pq. União; Pousada da Esperança II; Res. Pq. Granja Cecilia; Vila Altinópolis; Vila Aviação; Vila Bela; Vila Cardia; Vila Cidade Universitária; Vila Coralina; Vila Engler; Vila Falcão; Vila Garcia.

afirmando erroneamente que não existiam ou negando conhecimento a respeito disso. Constatamos que existe uma insipiência do público em relação aos rios urbanos, gerando ainda mais degradação e a visão da água como “problema”.
As demais informações obtidas no questionário foram assim classificadas: a drenagem na escala do lote; áreas verdes e espaços livres na escala do bairro; e ambas no contexto da cidade.

4.1 DRENAGEM: A ESCALA DO LOTE

Ao analisar a escala do lote, está sendo avaliada a infraestrutura verde na microdrenagem da propriedade privada (FOSTER; LOWE; WINKELMAN, 2011). Das 83 pessoas entrevistadas, constatamos que apenas 4 possuem reservatórios (cisternas) para coleta de água de chuva, sendo 3 instaladas em residências e 1 em apartamento. Entretanto, quando questionados quais sistemas de captação e retenção de águas pluviais achavam mais interessante, 48 pessoas escolheram a instalação de cisterna em sua residência (Figura 3). Esses dados exprimem a falta de conhecimento da população a respeito da funcionalidade desses sistemas, e reforçam a importância da educação ambiental junto à comunidade. Como Cormier e Pellegrino (2008) ressaltam, a educação é um dos meios de conexão entre os moradores e a infraestrutura verde, melhor ainda se for observado e vivenciado.

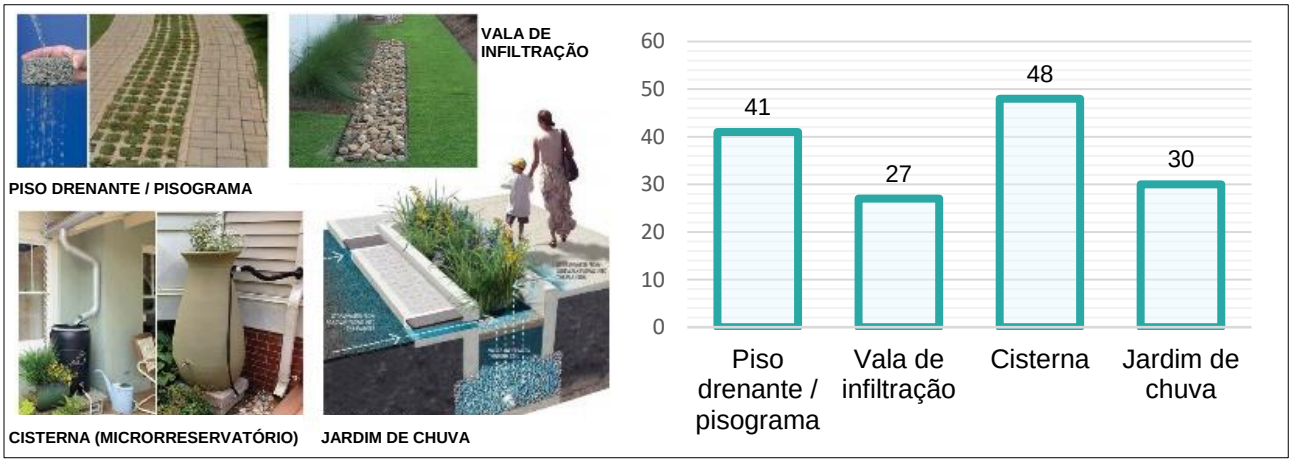
Figura 10. *Caracterização do lote quanto à área externa da residência*



Quanto à permeabilidade do lote, 56 pessoas (67,47%) responderam que residem em locais cuja área livre é toda cimentada ou com revestimento (Figura 2), sendo 39 delas referente às residências, que teoricamente, são as moradias com maior possibilidade de existência de áreas permeáveis e outros meios de microdrenagem. Constatou-se que vários entrevistados não viam um

custo/benefício para tornar o lote mais permeável. Apenas 11 pessoas responderam possuir a área externa da residência com grama, 10 com árvores e arbustos no terreno e 12 com canteiros.

Figura 11. *Avaliação da preferência dos sistemas de microdrenagem apresentados no questionário*[2]



O menor índice entre as opções apresentadas na pesquisa (Figura 3) foi o da vala de infiltração (biovaleta). Podendo ser instalado em estacionamentos e avenidas como jardins lineares, permite a infiltração da água da chuva captada das superfícies impermeáveis próximas. Porém, é um elemento que não está presente no cotidiano da população de Bauru. No geral, os entrevistados relataram que optam por instalar em suas residências equipamentos mais baratos e de fácil manutenção.

Como afirma Herzog (2013), a infraestrutura verde aplicada à escala local, na presença de vegetação e áreas permeáveis, permite maior drenagem de água pluvial, diminuindo o volume de água superficial das ruas, atenuando o microclima local e moderando as ilhas de calor. A vegetação ainda promove biodiversidade, evapotranspiração e captura de carbono, filtrando o ar.

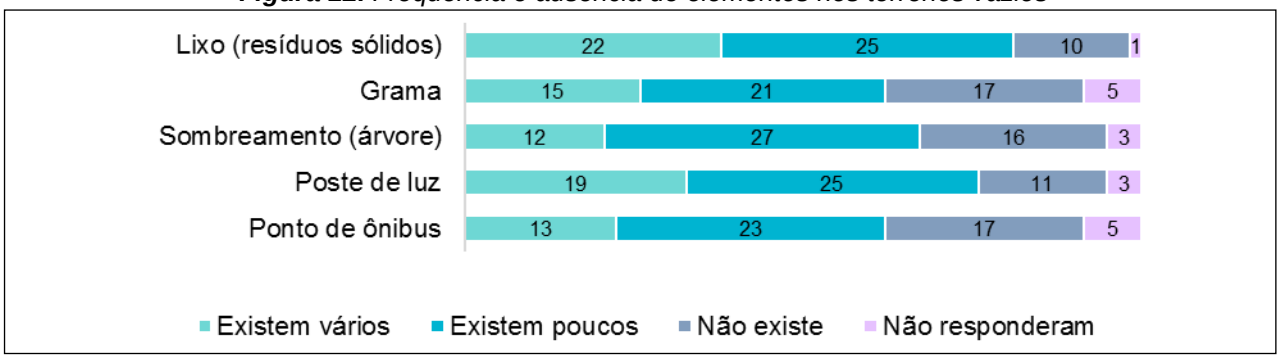
4.2 ÁREAS VERDES E ESPAÇOS LIVRES: A ESCALA DO BAIRRO

Ainda na escala local, abordamos a opinião dos usuários quanto a existência de áreas verdes e terrenos desocupados (vazios urbanos), bem como seus respectivos equipamentos públicos. Dos entrevistados, 44% possuem praças nas proximidades de sua residência, 14% parques e 42% terrenos vazios.

Na Figura 4, é possível perceber pela grande quantidade de lixo observada que os terrenos vazios são espaços abandonados, sendo muitas vezes fruto de especulação imobiliária. O Plano Diretor de Bauru prevê o controle da expansão do perímetro urbano, com o intuito de promover a ocupação dos vazios urbanos, quer sejam áreas públicas, particulares ou “sobras de loteamento”, podendo tornar-se parques ou praças, integrando os corredores verdes (*greenways*) da cidade.

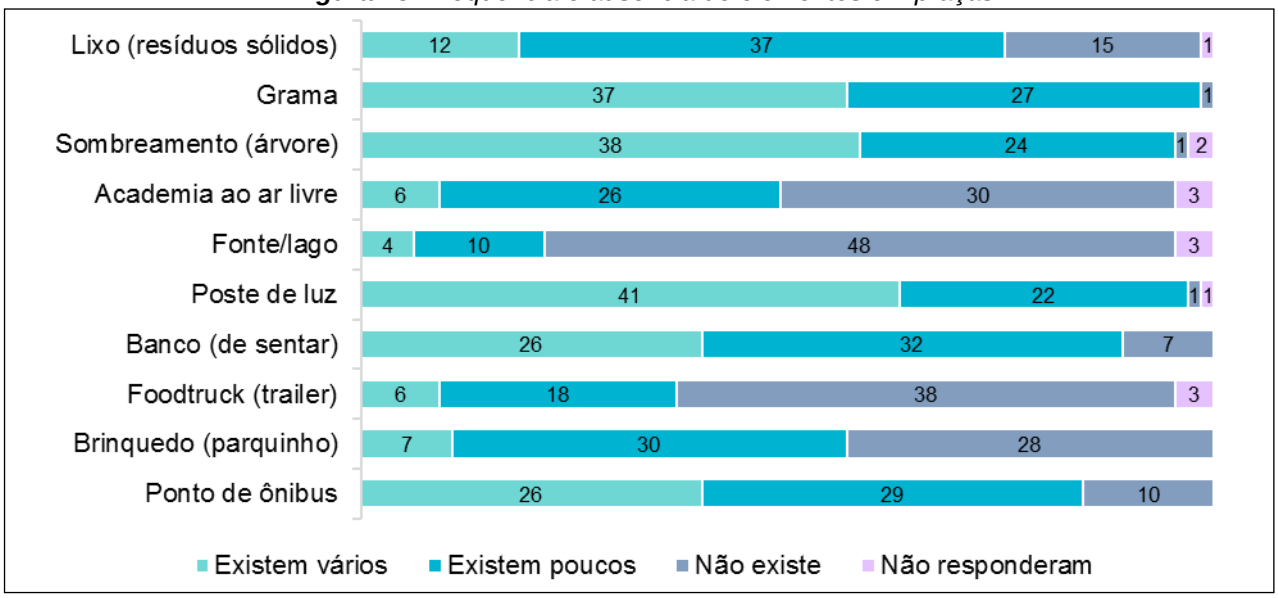
[2] Imagens disponíveis em:
http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~anibal/Aula%2017%20-%20Drenagem%20Urbana.pdf;
http://www.dicasedecoracao.com/wp-content/gallery/garagens-com-pedras/garagens-com-pedras-14.jpg
http://www.sudswales.com/assets/uploads/2011/06/infiltration-trench.jpg
https://catracalivre.com.br/wp-content/uploads/2014/10/cisterna31.jpg
http://farm3.staticflickr.com/2893/10929586564_5421349580.jpg
https://br.pinterest.com/pin/414823815654278105/

Figura 12. *Frequência e ausência de elementos nos terrenos vazios*



Mesmo que a quantidade de praças nos bairros seja relativamente alta, poucas possuem equipamentos urbanos diversificados (Figura 5) como fontes, lagos, *foodtrucks*, academia ao ar livre, bancos e parquinhos. Essa situação indica que a qualidade das praças poderia melhorar, assim como o número de parques urbanos, visto que ao serem questionados sobre o deslocamento para outras regiões da cidade para frequentar áreas livres, 54,22% confirmaram fazê-lo.

Figura 13. *Frequência e ausência de elementos em praças*



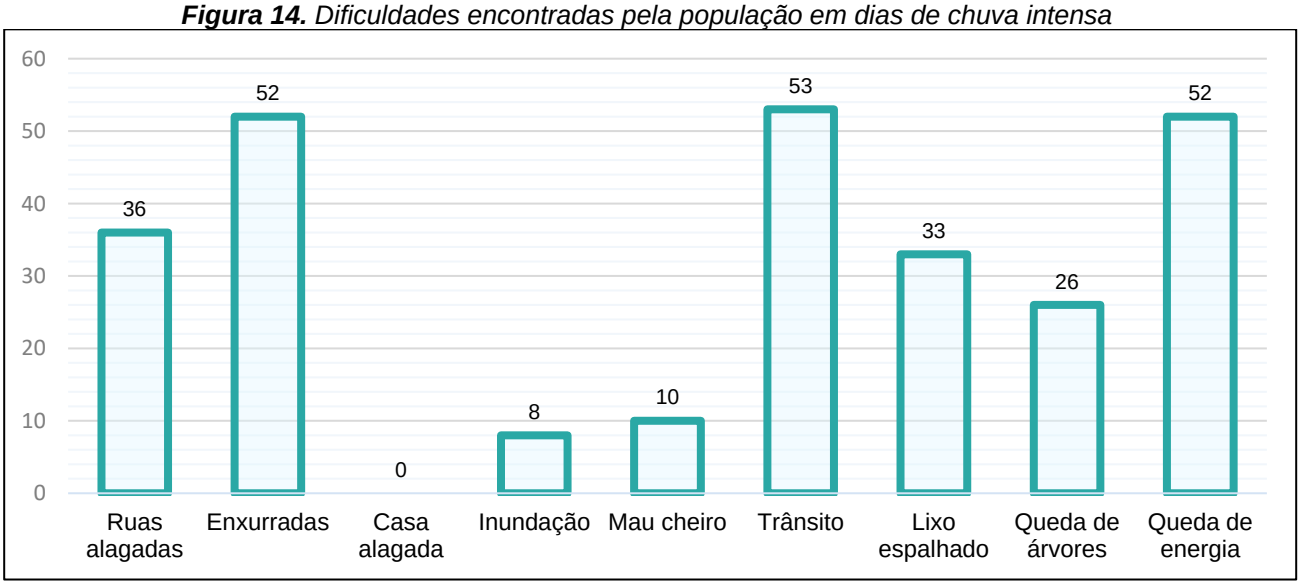
Para Herzog (2013), a microdrenagem aplicada a residências pode ser também executada em espaços públicos. A captação de águas pluviais com o intuito de redução de enxurradas e inundações deve ocorrer por todo espaço urbano, e quando não é possível no lote, é ainda mais fundamental que essa absorção ocorra nas ruas e calçadas dos bairros.
Além disso, a transformação em ecobairros não só traria mais segurança para os moradores, como também incentivaria o uso de transporte limpo (bicicletas) e o contato com a natureza e a visibilidade

da água dos córregos (parques lineares). Também confirmado por Costa e Monteiro (2002)[3], incentivaria a população em manter um estilo de vida sustentável, saudável e ecológico.

4.3 CONTEXTO GERAL: A ESCALA DA CIDADE

Avaliando a escala urbana, foi verificado que os maiores problemas que a cidade apresenta durante períodos de chuva intensa são as enxurradas, o trânsito, e as quedas de energia (Figura 6). Apesar de vários terem assinalado apenas "trânsito", em muitos casos, esse fator está ligado às demais dificuldades (enxurradas, alagamentos, inundação e quedas de árvore). Estes problemas contribuem para que o asfalto fique cada vez mais perfurado e de má qualidade, o trânsito tenha que ser desviado por outras rotas, além dos carros ficarem sujeitos à ação da força das águas que correm para os fundos de vale.

Figura 14. *Dificuldades encontradas pela população em dias de chuva intensa*



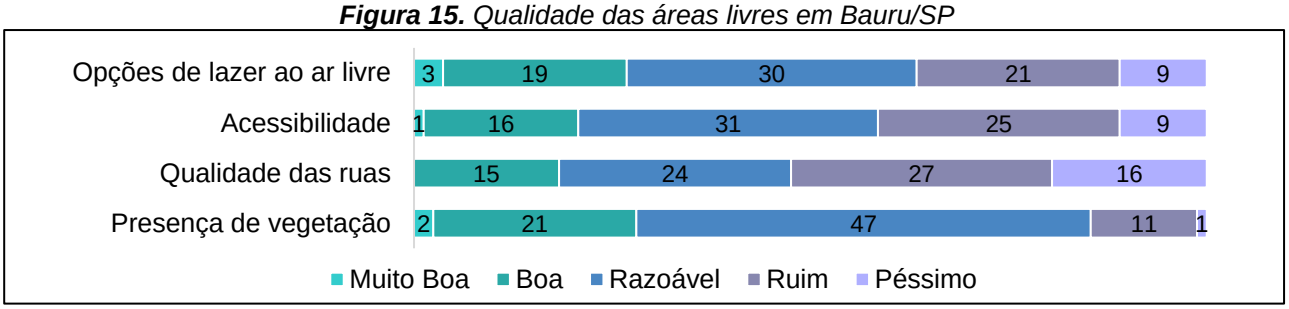
Outro item assinalado refere-se ao mau cheiro, que é uma consequência direta da sobrecarga e refluxo nas tubulações de esgoto, já que muitas residências tem o sistema de captação de águas pluviais ligado a ele. Mesmo sendo coletado, ainda não é tratado, levando à contaminação dos córregos em dias de chuva. Espera-se que esta situação seja sanada a curto prazo, pois encontra-se em construção a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), que tem por finalidade tratar todos os efluentes produzidos pela cidade.

Em relação aos alagamentos, há diversos fatores que ocasionam este problema, desde a drenagem urbana insuficiente, déficit de áreas verdes em contraponto à alta taxa de áreas impermeabilizadas, e o descarte irregular de lixo nas ruas, causando a obstrução das bocas de lobo.

Entre as áreas livres (Figura 7), as opções disponíveis na cidade são os parques (incluindo o Jardim Botânico, Parque Vitória Régia e Horto Florestal) e praças. Os parques lineares são ótimas opções para serem implantados na cidade, uma vez que protegem as margens junto a córregos e possibilitam o lazer ao ar livre. Vale ressaltar que o Plano Diretor Participativo de Bauru de 2008 prevê a implantação desse tipo de parque.

[3] As autoras dissertam sobre o estudo de caso do Rio Cachoeirinha (RJ), avaliando as transformações na paisagem e a relação da população com o rio, por meio de entrevistas.

Figura 15. *Qualidade das áreas livres em Bauru/SP*



É importante também sugerir a instalação de calçadas mais largas que permitam a acessibilidade, a drenagem por sistemas multifuncionais da infraestrutura verde, o aumento da vegetação na cidade e a permeabilidade dentro dos lotes (conforme foi levantado na pesquisa) e nos bairros da cidade.

4.4 INFRAESTRUTURA VERDE EM BAURU: ENTREVISTA COM PROFISSIONAIS DA ÁREA

Para complementar o conhecimento a respeito dos projetos de drenagem, infraestrutura e áreas verdes em Bauru, foram entrevistados profissionais (professor, desenhista técnico, engenheiro florestal, arquiteto e engenheiro agrônomo) que atuam na Secretaria Municipal do Meio Ambiente e na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP. Foram investigados quais os projetos ambientais que estão em andamento na cidade, as propostas futuras, as principais dificuldades em relação à implantação de novas ações, e quais referências de outras cidades que poderiam ser implantadas em Bauru.

Dentre os projetos ambientais que estão sendo implantados, pode-se destacar a urbanização de praças; recuperação de Área de Preservação Permanente (APP) de diversos córregos de Bauru com o plantio de mudas nativas; Plano Municipal de Macrodrenagem; Plano de Arborização Urbana; Plano de Saneamento Básico, e projetos de Educação Ambiental, contemplando palestras e eventos realizados anualmente em datas comemorativas como o Dia da Água, do Cerrado, da Mata Atlântica e do Meio Ambiente. Além destes, também está sendo construída a primeira Estação de Tratamento de Esgoto de Bauru, citada anteriormente.

Os entrevistados apontaram ainda quais os principais projetos a serem implantados futuramente: o Parque na lagoa da Quinta da Bela Olinda, o Bosque Miguel Moisés Inete, o Parque do Castelo, previsto pelo arquiteto Jurandyr Bueno Filho décadas atrás, e ainda em fase de estudo, e a arborização de algumas áreas degradadas.

Entretanto, quase todos os técnicos consultados ressaltaram como principal dificuldade para a implantação de projetos e ações ambientais, a falta de recursos financeiros e de investimento no setor. Alguns profissionais ainda apontaram como obstáculo, a falta de mão-de-obra para a execução dos projetos, a falta de planejamento, e descontinuidade de projetos decorrente de trocas de governo.

Ainda foi questionado nas entrevistas se existe algum projeto que considerariam interessante em ser implantado em Bauru. Os profissionais apontaram o aperfeiçoamento dos projetos que melhor funcionam na cidade; a recuperação das Áreas de Proteção Ambiental (APA) através da implantação de parques lineares, que contribuiriam tanto para a biodiversidade como para o aspecto paisagístico e o lazer para a população; geração de energia por meio do descarte de lixo; implantação de parques em fundo de vale; plano de arborização de vias públicas.

5. CONCLUSÃO

O conceito de infraestrutura verde promove a ideia de cidades mais sustentáveis, além de ações socioeconômicas, ecoeficientes e socioambientais. Para que sua aplicabilidade seja mais efetiva, é importante a criação de diretrizes ambientais municipais e estaduais, além da instrumentalização de órgãos públicos que permitam a gestão sustentável de recursos naturais, o planejamento da cidade considerando as particularidades de sua morfologia, identidade, e uma multidisciplinaridade de áreas e profissionais envolvidos.
Em relação à drenagem, verificou-se também a importância da manutenção dos equipamentos e sistemas de drenagem urbanos, o aumento da taxa de áreas verdes, e a necessidade de proteção de APPs, APAs e nascentes dos corpos d'água, com o reflorestamento, a implantação de parques lineares (medida apontada por diversos profissionais nas entrevistas) e corredores verdes.
É fundamental ainda a participação popular. Como observado no desenvolver da pesquisa, a presença ativa da comunidade na melhora do seu lote e bairro, bem como o entendimento e a prática de medidas ecológicas poderão trazer benefícios não só para sua área, mas por toda a cidade. A adoção de ações que aproximem a população dos órgãos públicos (como Plano Diretor Participativo), permite um trabalho em conjunto, com a conscientização sobre como as medidas ambientais podem mitigar os graves problemas vivenciados na maioria das cidades (enchentes, poluição dos rios e ausência de biodiversidade), fortalecendo a resiliência da paisagem urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure:** Smart Conservation for the 21st Century. Washington, D.C.: Sprawl Watch Clearinghouse, 2001.

BESSE, J. M. **O gosto do mundo**: exercícios de paisagem. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2014.

CORMIER, N. S. e PELLEGRINO, P.R.M. Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. In: **Paisagem e Ambiente** n.25. FAUUSP, 2008, p. 127-142.

COSTA, L. M. S. A.; MONTEIRO, P. M. Rios urbanos e valores ambientais. In: DEL RIO, V.; DUARTE, C. R.; RHEINGANTZ, P. A. **Projeto do lugar**: colaboração entre psicologia, arquitetura e urbanismo. Rio de Janeiro: Contracapa/PROARQ, 2002. p. 291- 298.

CULLEN, G. **Paisagem urbana**. São Paulo: Martins Fontes, 1983.

FOSTER, J.; LOWE, A.; WINKELMAN, L. S. **The value of green infrastructure for urban climate adaptation**. Washington, D. C.: CCAP, 2011. Disponível em: <http://ccap.org/assets/The-Value-of-Green-Infrastructure-for-Urban-Climate-Adaptation_CCAP-Feb-2011.pdf>. Acesso em 10 de dez. 2016.

HERZOG, C. P. **Cidades para todos**: (re) aprendendo a conviver com a natureza. Rio de Janeiro: Mauad X : Inverde, 2013.

SEEL, M. Uma estética da natureza. In: SERRÃO, A. V. (Coord.). **Filosofia da Paisagem:** Uma antologia. Lisboa: Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa, 2011, p. 395-418.

140. ARQUITETURA E URBANISMO FRENTE AOS DESAFIOS DO SÉCULO XXI: UM ESTUDO SOBRE TEORIAS E PRÁTICAS VOLTADAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM HABITAT HUMANO MAIS IGUALITÁRIO E SUSTENTÁVEL

FONSECA, Karliane Massari [1](kakamassariotmail.coml); VENANCIO, Marluce Wall de Carvalho [2] (marlucewall@gmail.com);
[1]Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil [2]Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Brasil

RESUMO
As cidades assistem a uma transformação profunda sobre todos os aspectos, sejam eles econômicos, culturais ou sociais: são cidades cada vez mais plurais e diversas, nas quais devemos encontrar algum meio de acompanhar toda essa evolução. Neste contexto, diante das problemáticas contemporâneas que todas as cidades vêm enfrentando, surgem discussões sobre novos caminhos que procuram respostas para os desafios do século XXI, esboçando-se possibilidades de soluções a partir de quatro principais problemáticas – o crescimento a todo custo, o desequilíbrio social, o desequilíbrio ambiental e a habitação social. Assim, utilizou-se de pesquisas bibliográficas que constituem a estrutura do trabalho e busca arquitetos que trabalhem sobre essa perspectiva sustentável. Na esfera internacional se encontram os ganhadores do Global Awards for Sustainable Architecture, que levantam reflexões concretas sobre o embate dessas problemáticas. As discussões levantadas apresentam concepções arquitetônicas que se engajam no serviço do desenvolvimento sustentável, construídas a partir de projetos mais participativos, que buscam responder as novas necessidades da sociedade. Deste modo, o presente trabalho manifesta-se como um princípio de reflexões e soluções a serem seguidas, ou seja, como um passo inicial para os debates das problemáticas contemporâneas com o objetivo de tentar chegar a um ambiente mais igualitário e sustentável. São experiências, questionamentos e teorias que propõe uma busca de reconstrução e construção de uma nova civilização urbana.
Palavras-chave: Habitat humano; Equidade; Sustentabilidade; Participação social; Cidade;

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING AHEAD TO THE XXI CENTURY CHALLENGES: A STUDY ON THEORIES AND PRACTICES FACING CONSTRUCTION OF A HUMAN HABITAT EQUAL AND MORE SUSTAINABLE

ABSTRACT
Cities attend a profound transformation of all aspects, whether economic, cultural or social. Cities are increasingly plural and diverse, wich we may find a way to keep up with all these developments. In this context of contemporary issues that all cities are facing arises discussions and some ways of architects and urban planners seeking answers to the challenges of the twenty-first century, which are outlined possibilities for solutions from four main issues, growth at all costs, social imbalance, environmental imbalance and social housing. Thus, we used bibliographic research, which constitute the structure of work and seeking architects working on this sustainable perspective. In the international sphere are the winners of the Global Award for Sustainable Architecture, which raise concrete reflections on the clash of these problems. Raised discussions have architectural designs that engage the service of sustainable development, built from more participatory projects, to meet

the changing needs of society. Thus, this work manifests itself as a principle of thinking and solutions to be followed, that is, as an initial step for discussions of contemporary issues in order to try to reach a more equitable and sustainable environment, as a reflection and fundamental way to be thought. These are experiences, questions and theories proposing a search for reconstruction and construction of a new urban civilization.
Keywords: Human Habitat; Equity; Sustainability; Social participation; City;

1. INTRODUÇÃO

A partir da condição humana e das transformações mundiais, a reflexão e análise sobre o futuro se torna cada vez mais indispensável para um ambiente onde todos possam coexistir e viver socialmente. Segundo François Ascher (2010, p.18), "é necessário a formulação de um novo urbanismo, adequado aos desafios e às formas atuais de pensar e de agir nessa terceira modernidade". Desta maneira se faz necessário outro olhar e outra forma de pensar a arquitetura e o urbanismo se quisermos trabalhar para tornar o mundo mais habitável e socialmente igualitário. As problemáticas que se caracterizam como sendo o crescimento a todo custo das cidades, os desequilíbrios ambientais e sociais estão se agravando a passos cada vez mais acelerados, dado que nosso padrão de consumo vem se modificando e aumentando a cada invenção tecnológica.
O presente trabalho apresenta e tenta discutir alguns caminhos de arquitetos e urbanistas que enfrentam essas problemáticas atuais, as quais geram consequências concretas no meio urbano econômico e cultural. São experiências que intervém de modo a preservar o equilíbrio global entre sociedade e natureza.
Essas práticas contemporâneas fazem uma mistura de reflexões e pensamentos que não ficam só na ideologia e utopia, mas que ultrapassam o campo mental e se concretizam no espaço como soluções reais e positivas para as gerações presentes e, principalmente, futuras. Apresentam-se como concepções arquiteturais que se engajam ao serviço do desenvolvimento sustentável, construídas a partir de projetos mais participativos, que buscam responder as novas necessidades da sociedade.
Assim, o trabalho traz uma breve discussão sobre as perspectivas de soluções vislumbradas por alguns arquitetos e urbanistas a partir de quatro principais problemáticas, o crescimento a todo custo, desequilíbrio social, desequilíbrio ambiental e habitação social. Essas teorias e práticas sustentáveis, aqui mencionadas, buscam dar forma ao pensamento e discussão da Arquitetura e Urbanismo frente aos desafios do séc. XXI. Elas se compõem como concepções que devem ainda serem muito debatidas, pois não se trata de uma fórmula fixa a ser seguida e sim como uma reflexão e caminho importantes para o futuro das cidades e sociedades. Trata-se de um alerta sobre o presente e o futuro das próximas gerações.

2. OBJETIVO

O objetivo é discutir sobre a arquitetura e o urbanismo no contexto atual a partir de teorias e soluções que apresentam novas maneiras para se chegar a um futuro habitável, bem como destacar e compreender o contexto e as principais problemáticas das cidades contemporâneas, a partir de literaturas que estão inseridas no meio arquitetônico e urbano, referentes ao contexto atual. Busca-se também analisar a literatura referente aos questionamentos e teorias de arquitetos e urbanistas diante dessas transformações.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O estudo se faz a partir de uma pesquisa exploratória, tendo como suporte as teorias do livro organizado por Marie-Hélène Contal (2010) intitulado como “Ré- enchanter le monde. L’architecture et la ville face aux grandes transitions” – Reencantar o mundo: a arquitetura e a cidade frente às grandes transições, em tradução livre – no qual os autores discutem sobre a construção das culturas, a reversão dos comportamentos sociais e as estéticas espaciais, trazendo uma outra visão do mundo, uma nova forma de olhar para a realidade e de tentar buscar soluções para as inquietações contemporâneas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram levantadas quatro principais problemáticas dentre as várias abordadas no livro utilizado como suporte e que são expressivas mundialmente, as quais se caracterizam como sendo o crescimento a todo custo, o desequilíbrio social, o desequilíbrio ambiental e a habitação social. Essas problemáticas trazem possíveis soluções a partir de ações e teorias de alguns arquitetos, que buscam alternativas para essas questões que afligem cotidianamente milhões de habitantes que vivenciam esses e muitos outros problemas.

4.1 CRESCIMENTO A TODO CUSTO

Um dos grandes problemas que o mundo como conhecemos tem enfrentado diz respeito ao consumismo cada vez mais crescente. Ao consumismo selvagem e desenfreado estão relacionados problemas que vão desde hábitos comportamentais individuais pouco saudáveis, incluindo os alimentares, que acabam por favorecer o aparecimento de doenças como obesidade e estresse crescente, aos desastres ecológicos como mudanças climáticas, a poluição do ar, a destruição excessiva das florestas, a produção de bilhões de dejetos perigosos. Quanto mais consumismo, mais recursos naturais e energia serão necessários e, por consequência, desperdiçaremos riquezas e recursos necessários para a nossa sobrevivência.

Como enfrentar essa questão no campo da arquitetura e do urbanismo? Interessante considerar o pensamento do arquiteto americano, Kevin Low (2014), que, entre outros, discute exatamente o consumismo sem questionamento. Para ele, ao privilegiarmos a forma o estilo dos produtos, em relação à sua própria qualidade e conteúdo, conferimos a esses produtos sem valor fundamental uma uniformidade, uma “ubiquidade” que se difunde por todo o planeta, uma ubiquidade que os torna presentes em todas as fronteiras geográficas e lugares do mundo.

A teoria de Low sobre “ubiquidade” é uma excelente leitura de nossa geografia globalizada. Os produtos, e também as arquiteturas em qualquer território, acabam se transformando em uma única coisa, onde qualquer cultura pode ter acesso e em qualquer espaço e tempo. A forma pode até ser diferenciada, mas seu conteúdo permanece repetitivo. Os edifícios e construções são cada vez mais semelhantes uns aos outros por apresentarem os mesmos materiais, as mesmas qualidades e concepções espaciais, os mesmos conceitos. Low (2014, p.24, tradução nossa) segue sua reflexão afirmando, que “devemos passar dessa realidade baseada no consumo para uma realidade fundada na inteligência”, onde o principal se dará pelo conteúdo real dos produtos e coisas.

Repensar esses valores críticos da produção se torna uma questão real e de extrema importância para a nossa sobrevivência. O consumo baseado na inteligência e no verdadeiro valor dos materiais

e sua produção nos fará repensar no nosso próprio modo de vida e a forma como agimos com o planeta.

4.2 DESEQUILÍBRIO SOCIAL

Esse consumismo gera também sobre o território a segregação espacial, onde observamos poucos com muito e muitos com pouco. Deste modo, o crescimento das megalópoles, metrópoles e cidades acaba se tornando uma faca de dois gumes. Da mesma maneira que elas se caracterizam por terem todo o potencial econômico, inovação, dinâmica e diversidade, também apresentam as chamadas "mazelas urbanas" causadas pelo crescimento desordenado, que se fazem presentes no desequilíbrio social e ambiental.

Constroem-se, dessa maneira, territórios e espaços marginais aos centros urbanos, que não possuem infraestrutura adequada ou qualquer outro tipo de necessidade básica atendida. Ou seja, uma parte da população escapa da insegurança cotidiana com a proteção de todos os seus bens, sustentada por todo o arcabouço de infraestruturas e direitos básicos que lhes convém; a outra parte sobrevive como pode diante da ausência de seus mínimos direitos e infraestruturas.

Surge, assim, na caracterização da cidade dual, a dualização espacial identificada também como sendo a "cidade partida, cidade atual, cidade da exclusão, cidade dos enclaves fortificados, cidade do apartheid social" (RIBEIRO, 1999). Esse modelo, caracterizado por essa dualização espacial, é definido por Sassen (2005) como sendo a nova ordem urbana das *global cities*, na qual, apesar de concentrarem todo o capital global, as cidades concentram também uma crescente população desfavorecida, impulsionando mais ainda as desigualdades sociais.

Sobre a ótica do arquiteto colombiano Giancarlo Mazzanti (2014. p. 53, tradução nossa), "o progresso social e ambiental se faz a partir da análise e exercício sobre o modo crítico das coisas". Frente a esta realidade, para Mazzanti (2014), a arquitetura deve ser aberta e democrática, considerando a integração, a equidade e o equilíbrio social. Devemos olhar a arquitetura não somente como exercício da construção, como algo metodológico e com aplicação de regras e normas, mas como algo de reflexão, de pensamento que tem impacto no meio e no desenvolvimento urbano. A arquitetura, assim como pensa François Ascher (2010, p.72), "deve buscar mudar com o mundo, progredir junto com as relações e as complexidades do séc. XXI", ou seja, a arquitetura deve adotar novas formas de ação e aprendizagem para se aproximar das problemáticas contemporâneas e da realidade em que vivemos. Desta forma, ainda para Mazzanti, é importante que os atores urbanos tenham a capacidade de reflexão e pensamento de pertencimento do seu próprio meio, agindo como parte integrante da cidade, assegurando sua vitalidade.

Seguindo esta filosofia, o estúdio Equipo Mazzanti trabalha de um modo muito horizontal e paralelo com todos os envolvidos no projeto. O conhecimento e as informações são passados sem uma hierarquia vertical e todos acabam fazendo parte do processo. Essa horizontalidade e democracia também são retratadas por Ascher (2010, p. 90), "onde a terceira revolução urbana deve se adaptar, conceber e realizar uma forma mais direta com os cidadãos", em que os atores farão parte do processo de decisões. Para chegar a esse objetivo, a Equipo Mazzanti se apropria de uma arquitetura mais aberta e adaptável, permitindo que as ideias e projetos evoluam por etapas, deixando a possibilidade de crescimento e modificação no futuro, a qual se tornará flexível às diversas finalidades e, principalmente, às necessidades diversas dos usuários. O pensamento é que essa arquitetura tornaria possível não só a ideia de coletividade, como também poderia criar uma forma de apropriação no sentido físico e mental dos espaços e territórios pelos usuários.

Através das intervenções e participação coletiva no processo de construção dos espaços é que a Equippo Mazzanti espera desenvolver atitudes que levem a determinado aprendizado, ou seja, as

intervenções poderiam vir a influir nos hábitos cotidianos dos atores urbanos, permitindo mudanças de comportamento, de reflexão e pensamento, as pessoas se tornando parte integrante e componente daquele ambiente, com o real desejo e ambição de transformação de seu presente. Do mesmo modo, essa arquitetura se torna, também, uma forma de integração social permitindo melhorar a qualidade de vida desses habitantes, como acontece nos bairros degradados da Colômbia, onde eles acabam promovendo o bem-estar social e produzindo, por meio da arquitetura, uma sociedade mais justa.

A arquitetura não é importante por si só ou como estética, representação e estrutura, mas por gozar dessa capacidade de provocar reações, de servir como catalizadora para todos os atores, de agir, de conceber ações na vida cotidiana da cidade e de seus próprios protagonistas.

Outra perspectiva no sentido de reverter o desequilíbrio social vem da ideia da “Cidade Radicante”, da arquiteta alemã Jana Revedin. A cidade radicante é caracterizada por uma nova morfologia, destinada a se desenvolver nos espaços assim como as raízes das árvores buscam nutrientes na terra para o seu crescimento e vida. “Essa morfologia radicante se tornará a morfologia da Ecopolis” (REVEDIN, 2014, p. 74, tradução nossa). A Ecopolis possui espaços regenerativos e autossuficientes capazes de densificar e melhorar os espaços urbanos já existentes na cidade, ou seja, de modificar os modos atuais de vida, o consumo desenfreado e a produção de resíduos, substituindo o processo de destruição por um metabolismo dito “circular”, onde o consumismo e a poluição são reduzidos a partir da restruturação e da reciclagem.

A cidade radicante tem como características, segundo Revedin (2014, p. 82, tradução nossa), “plantas inacabadas que apontam para uma adaptação às novas necessidades e os novos modos de vida, capazes de se autorregenerar e a compartilhar e decidir coletivamente ”.

A partir de um processo de projeto participativo, a teoria da cidade radicante se divide em quatro fases: a primeira etapa se dá através da exposição e explanação da comunidade sobre suas verdadeiras necessidades; a segunda etapa parte da compreensão da condição humana em seu meio e espaço, dos costumes, tradições e valores daquela população, onde a equipe identifica os desejos que podem ser realizáveis tanto financeiramente quanto materialmente; a terceira etapa apresenta testes de ações coletivas, que se apresentam como uma espécie de laboratório de projetos participativos na comunidade e a quarta etapa se faz a partir das intervenções feitas, onde a equipe de trabalho espera que a comunidade dê prosseguimento às reações em cadeia.

Na busca de encontrar uma solução para as cidades fragmentadas, outra perspectiva se apresenta: a teoria do arquiteto belga Gilles Debrun (2014), que se constrói a partir da ideia de que é preciso, primeiramente, construir uma visão que englobe as questões planetárias, regionais e locais. Para ele a arquitetura não será de qualidade se não se inserir em um urbanismo sustentável. Assim como propõe Rogers (2001) nas suas “cidades sustentáveis”, as quais retratam bem esse equilíbrio entre sociedade, cidade e natureza, Debrun (2014) também indica que é fundamental essa equidade da arquitetura com a natureza e, mais ainda, o despertar dessa consciência.

As intervenções urbanas sustentáveis são chamadas por Debrun de “reciclagem urbana”. A reciclagem urbana é caracterizada por uma espécie de autoprodução da cidade e do habitar, onde os cidadãos são capazes de coproduzir uma cidade solidária e equitativa, a comunidade intervindo na criação e construção dos espaços. Como proposta Debrun (2014) visa à criação de loteamentos sustentáveis, espaços que dão lugar à *mixité* (mistura social), ao reencontro, à diversidade dos espaços, ao viver em conjunto com todo o território e sociedade em oposição aos espaços fechados e isolados de iguais.

4.3 DESEQUILÍBRIO AMBIENTAL

Esse desequilíbrio trata de repensar a relação entre a natureza e os seres humanos para a sobrevivência das futuras gerações neste planeta. O arquiteto finlandês Sami Rintala e o islandês Dangur Eggertsson concebem uma solução simples: a de que os recursos necessários para todo esse desenvolvimento não são, necessariamente, os recursos que a atmosfera e natureza produzem, mas sim os que devemos criar. Com uma proposta de autossuficiência, as riquezas aqui produzidas não se esgotariam. Essa é solução possível devido ao progresso das tecnologias e da genética, mas arriscada uma vez que há disparidades na realidade das diferentes regiões do mundo.

Rintala e Eggestsson (2014) levam em consideração em seus projetos arquitetônicos o ciclo de vida dos produtos e materiais, pensando desde a produção até a utilização e destruição dos resíduos utilizados, como forma de reciclagem dos produtos e reutilização para a produção de outros, contribuindo para a não retirada de novos recursos naturais e, por conseqüência, evitando sua escassez.

Suas construções se baseiam, primeiramente, sobre os aspectos do próprio local, como forma de emergir o contexto e a paisagem local, que serão características essenciais para a concepção dos edifícios. Em uma segunda etapa, os espaços interiores são postos como prioridades para a verdadeira qualidade do ambiente, em que a iluminação natural e os materiais são estudados para que os edifícios sejam eficientes economicamente sobre o aspecto dos recursos naturais. Em um terceiro momento, a arquitetura se torna o ponto chave da relação entre o novo e o velho, entre as culturas, e se torna característica principal para uma identidade local, regional e mundial. Desta maneira, eles criam ateliers participativos, onde os usuários são os donos e verdadeiros produtores e responsáveis pela qualidade espacial e social. Assim como Revedin em sua Cidade Radicante, eles criam espaços que transmitem uma pedagogia e uma reflexão que estará em constante evolução e desenvolvimento por meio dos próprios atores.

A questão do desequilíbrio ambiental inspira outros olhares e respostas, como a equipe da Shlomo Aronson Architects, composta pelos arquitetos Barbara Aronson, Ayehlet Coopoer e Michal Doukarsky. Tal como Giancarlo Mazzanti, a equipe tem um conceito ligado à versatilidade dos espaços com suas variadas finalidades, em que eles chamam de "*flexibilidade estruturada*". Desta forma, essa flexibilidade é caracterizada pela não imposição e obrigação de determinado espaço ou lugar, feita a partir de uma estrutura que muda de acordo com as aspirações e desejos dos usuários, permitindo um diálogo entre as pessoas e o ambiente. Essa idéia, que também está clara nos princípios de Ascher, tem um papel fundamental na complexidade e dinâmica das cidades contemporâneas. Para Aronson et al. (2014, p.102, tradução nossa), "os criadores, arquitetos e urbanistas devem ainda "guiar as tendências", ou seja, manter um equilíbrio entre os desejos e as reais necessidades dos clientes, pregando o lado crítico da construção para conduzir a uma reflexão natural da obra e, principalmente, dos seus proprietários.

4.4 HABITAÇÃO SOCIAL

Como todo esse aumento populacional e desequilíbrio social, o contingente de pessoas às margens dos bairros e a eclosão das favelas nas zonas periféricas das cidades expandem-se. Como consequências da exclusão social e espacial as favelas, guetos e qualquer outra espécie de afastamento dos direitos da cidade e fisicamente dos centros urbanos atestam a não produção de moradia adequada para as classes de baixa renda.

A produção da habitação social se propõe como solução para as famílias de baixa renda, no entanto são muitas as dificuldades de aquisição e de construção dessas moradias, pois são necessários recursos financeiros para a sua execução e compra. Dentre aqueles que se debruçam sobre

propostas de solução dessa problemática, escolhemos debater a agência chilena ELEMENTAL, da qual faz parte o arquiteto Alejandro Aravena, que busca soluções para o que eles chamam de "equação da terceira modernidade" (ARAVENA; LACOBELLI, 2014, p. 112, tradução nossa). Para Aravena et al. (2014, p.108, tradução nossa) "é preciso que cesse o círculo vicioso da ilegalidade" e que estabeleçam as favelas dentro da cidade, com todos os sistemas e infraestruturas que se tem direito e que não são incorporados atualmente. Para resolver tal problemática a agência ELEMENTAL parte do processo da autoconstrução, mas sobre uma análise mais profunda de como essas necessidades se transformarão diante do futuro, e mais ainda, como essas famílias poderão alcançar determinado espaço na cidade chegando à classe média. Para isso eles propõem a participação social na estruturação dessas habitações, que por consequência terão seus custos reduzidos.

A agência utiliza materiais pré-fabricados, pois para Aravena et al. (2014), esses materiais se definem como elementos de montagens de qualidade e tem vantagens sobre os aspectos de tempo de trabalho e, principalmente, de custo. A desvantagem da utilização desse material está presente na estandardização e monotonia estética que os elementos pré-fabricados apresentam como aspecto, onde as casas acabam por constituir formas repetitivas na paisagem urbana. Para solucionar tal estandardização, a agência ELEMENTAL constrói espaços de concepção com ampla participação das próprias famílias usuárias. No sentido de resolver a questão financeira, uma vez que o orçamento é sempre pequeno, o grupo Elemental propõe a construção do que eles chamam de "meia-casa", uma solução ousada de construção de parte da casa que seria a parte necessária para a sobrevivência da família e, ao mesmo tempo a de construção mais elaborada tecnicamente e deixam a outra metade para as famílias construírem de acordo com suas possibilidades e necessidades.

5. CONCLUSÃO

Esta pesquisa é um pequeno passo no sentido de promover uma mais ampla reflexão sobre a práxis contemporânea da arquitetura e do urbanismo. A intenção é, ao debater os novos paradigmas que vêm se afirmando, contribuir para a construção de uma prática mais consciente e mais comprometida com as necessidades da ampla maioria da população mundial. Segundo Thomas Kuhn, o conceito de paradigma é o que "prepara basicamente o estudante para ser membro da comunidade científica na qual atuará mais tarde" (2009, p. 31). Na verdade, o sentido clássico de paradigma traz em si a ideia de modelo. Para Khun, os modelos que orientam o conhecimento científico, isto é, os paradigmas, cumprem a finalidade de facilitar a integração, através da assimilação de uma espécie de mapa do conhecimento ou de um roteiro de como agir, de como resolver as questões que se colocam, ou seja, roteiro ou mapa que seriam necessários como um suporte básico de conhecimentos à concepção e recepção das teorias, dos problemas, das soluções científicas. Kuhn, no entanto, não fica satisfeito com estas constatações. Ele vai além e argumenta que da mesma maneira que orientam, os paradigmas podem cristalizar um determinado "roteiro" de ações ou soluções como o mais adequado, ou mesmo o único possível. As mudanças, a substituição de paradigmas se dá pelo conflito, se apresenta como uma ruptura, na qual o novo paradigma assume o papel de orientação que o antigo desempenhava.

É neste sentido que se coloca a importância de se identificarem teorias e práticas focadas na construção de processos promotores ou facilitadores da inclusão social, focadas na construção da sustentabilidade ambiental, no respeito aos direitos humanos, especialmente o direito à cidade e à moradia, focadas na construção da cidadania e da urbanidade, paradigmas que parecem ser, parafraseando Montaner (2011), ensaios para mundos alternativos.

Identificam-se correntes de pensamento e de ação que buscam interferir de maneira global, seja de forma a repensar a utilização dos recursos e da organização das redes de comunicação, infraestrutura e interação entre as pessoas para contribuir na construção de um novo equilíbrio global (LOW, 2014); identificam-se pensamentos e ações que buscam na dinâmica da cidade existente a sua própria solução e lançam mão de processos participativos de construção ou reconstrução da urbanidade, de processos de construção da solidariedade, (MAZZANTI, 2014) ou de reconstrução de uma morfologia urbana que privilegia o espaço público e o encontro da diversidade, como as ideias contidas na proposta da cidade radicante de Jana Revedin (2014).

Ainda, presente neste contexto, aquelas ideias que colocam como prioritária a construção do habitat para todos, a moradia e as condições de habitabilidade, os modos de morar que privilegiem o bem estar público, o respeito à diversidade, à urbanidade e à cidadania. Aqui são inúmeros os trabalhos pelo mundo inteiro, de arquitetura e de urbanismo como o chileno Grupo Elemental, ou o brasileiro Usina, sem falar dos grupos que atuam nos espaços solidários em todas as partes do mundo, reinventando práticas tradicionais, nos Coletivos de todas as nacionalidades atuando nas áreas periféricas do mundo, da América Latina à Ásia, em escala local revertendo práticas e introduzindo novas teorias.

Diferentes em suas estratégias trazem em comum a aproximação com as forças criativas das utopias, transformadas na ideia de futuros possíveis, ideia sintetizada de forma muito apropriada por Bernardo Secchi (2006), postas em ação para buscar o enfrentamento dos desafios colocados, muitas das vezes, pela inconsequência da lógica de urbanização, de desenvolvimento a todo custo, de consumo ilimitado de todos os recursos disponíveis que alimentam a desigualdade e este imenso "planeta favela" (DAVIS, 2006). Em comum também, a importância da relação de interação do intelectual detentor do conhecimento técnico com a comunidade, ou com os indivíduos para os quais a intervenção se destina.

O arquiteto, por constituir um dos elementos principais na produção dos espaços, deve ter em mente o seu fundamental papel na transformação social, cultural e ambiental, a partir da criação de uma consciência mais sustentável entre os atores urbanos. Assim, é de extrema importância o olhar sobre essas reflexões para a composição de espaços que gerem menos impacto sobre a natureza e sociedade, para a urgente ruptura com essa inconsciência globalizada, para nossa própria permanência neste planeta. Por meio da utilização de materiais locais na construção, da relação entre espaço construído e natureza, da compactação e densificação dos espaços, da criação da consciência crítica, e, principalmente, por meio da participação social é que buscaremos a verdadeira sustentabilidade e equidade social. O exercício da arquitetura atual ao invés de gerar impacto, como vem acontecendo, pode, sobretudo, produzir reações sustentáveis na sociedade, a qual irá contribuir para o desenvolvimento social, econômico, cultural e ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora, à CAPES/CNPQ e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAVENA, A.; LACOBELLI, A. Des maisons pour tout le monde? L'habitat incrémenté et la conception participative. In : CONTAL, M. (Orgs). **Ré- enchanter le monde. L'architecture et la ville face aux grandes transitions**. Paris: Manifestô Alternatives, 2014.

ARONSON, B.; COOPER, A.; DOUKARSKY, M. Une architecture réactive pour un avenir dynamique. In: CONTAL, M. (Orgs). **Ré- enchanter le monde. L'architecture et la ville face aux grandes transitions**. Paris: Manifestô Alternatives, 2014.

ASCHER, F. **Os novos princípios do urbanismo**. São Paulo: Romano Guerra, 2010. DAVIS, M. **Planeta favela**. Tradução Beatriz Medina. São Paulo: Boitempo, 2006.

DEBRUN, G. Pour une ère anthropocène soutenable et désirable. In: CONTAL, M. (Orgs). **Ré-enchanter le monde. L'architecture et la ville face aux grandes transitions**. Paris: Manifestô Alternatives, 2014.

KUHN, T. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 9 ed. 1a reimpressão. São Paulo: Perspectiva, 2009.

LOW, K. Le dogme. In: CONTAL, M. (Orgs). **Ré- enchanter le monde. L'architecture et la ville face aux grandes transitions**. Paris: Manifestô Alternatives, 2014.

MAZZANTI, G. Du projet social au sentiment de solidarité. In: CONTAL, M. (Orgs). **Ré- enchanter le monde. L'architecture et la ville face aux grandes transitions**. Paris: Manifestô Alternatives, 2014.

MONTANER, J.; MUXI, Z. **Arquitectura y Política: ensaios para mundos alternativos**. Barcelona: Gustavo Gili, 2012.

REVEDIN, J. La Ville Radicante: une morphologie en œuvre ouverte pour la ville durable. In: CONTAL, M. (Orgs). **Ré- enchanter le monde. L'architecture et la ville face aux grandes transitions**. Paris: Manifestô Alternatives, 2014.

RIBEIRO, L. C. Q. Cidade Desigual ou Cidade Dual? Tendências do espaço metropolitano do Rio de Janeiro. ANAIS DO ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR. Porto Alegre, v. 8, 1999. Disponível em: http://unuhospedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/view/2082/2041. Acesso em: 27 nov. 2014.

RINTALA, S.; EGGERTSSON, D. Architecture – La ressource habitée. In: CONTAL, M. (Orgs). **Ré-enchanter le monde. L'architecture et la ville face aux grandes transitions**. Paris: Manifestô Alternatives, 2014.

ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. **Cidades para um Pequeno Planeta**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

SASSEN, S. **The Global City: introducing a Concept. Winter/spring, volume XI, 2005.** Disponível em: <http://www.saskiasassen.com/pdfs/publications/the-global-city-brown.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2014.

SECCHI, B. **Primeira lição de urbanismo**. São Paulo: Perspectiva, 2006.

176. A TRANFORMAÇÃO URBANA DE BOGOTÁ: ANÁLISE DE PROCESSOS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA

ABULATIF, Lisandro Iusry(labulatif@gmail.com)*
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
O presente trabalho é a realização de um estudo de caso sobre o processo de transformação urbana ocorrido na cidade de Bogotá entre os anos 1995 e 2007. A metodologia de estudo de caso foi delineada a partir da proposta de Yin (2005) e Roesch (1999) e realizada a partir de pesquisa documental. Foram estabelecidos critérios teóricos para a identificação de ferramentas de gestão urbana quanto aos temas de planejamento territorial, processo democrático, viabilização financeira, abordagem estratégica, aparato jurídico e sistemas de inteligência. Para a identificação do uso de instrumentos de planejamento urbano foram estabelecidos critérios para os temas de zoneamento, mobilidade, atividade residencial e desenvolvimento social que pudessem ter sido utilizados pelos prefeitos durante os mandatos do período analisado. A partir dos resultados encontrados foi possível identificar elementos de padrões de conduta que foram de alguma forma, repetidos pelos prefeitos durante seus mandatos, como a concepção de um modelo de cidade a ser construído, identificação de valores a serem cultivados na comunidade, prática alinhada ao discurso, abordagem processual e preparação para a sucessão. Com base nos padrões encontrados é sugerido um modelo conceitual de atuação na gestão urbana. A análise dos resultados possibilitou também a proposição de novas pesquisas quanto à cidade de Bogotá e no âmbito de casos de transformações urbanas.
Palavras-chave: Transformação urbana; Bogotá; Gestão urbana; Planejamento Urbano; Cidade.

THE URBAN TRANSFORMATION OF BOGOTA: URBAN PLANNING AND MANAGEMENT PROCESSES ANALYSIS

ABSTRACT
This article describes a study case about the urban transformation process occurred in the city of Bogotá from 1995 to 2007. This research was based on the case study methodology according Yin (2005) and Roesch (1999) and carried out through documental analysis. It were stablished theoretical criteria aiming to identify management tools used to handle territorial planning, democratic process, financial operationalization, strategic approach, legal framework and intelligence systems. In order to identify the urban planning tools, were set criteria for the subjects of zoning, mobility, residential activity and social development. Results show management behaviors patterns were found, which in some way were repeated by the mayors along their mandates, such as a conception of a city model to be built, assessment of critical community values to be cultivated, behavior aligned to the political discourse, processual approach and preparation for successors. Based on the findings, it was possible to suggest an urban management framework. The analysis of the results also allowed the proposition of new researches related to Bogotá and related to urban transformations.
Keywords: Urban transformations; Bogotá, Urban management; Urban planning; City.

1. INTRODUÇÃO

À medida que os índices de urbanização no mundo aumentam, torna-se mais importante a compreensão dos processos que levam a esta realidade. Além disto é fundamental que sejam compreendidos os processos que poderão auxiliar a construção atual e futura da sociedade urbanizada.

Tanto as consequências de processos de urbanização mal conduzidos, como os benefícios de processos conduzidos de forma exitosa, não se impõem como simples resultado de uma dada cidade pertencer a um país desenvolvido ou a outro em desenvolvimento. Processos de urbanização estão também relacionados à forma como são conduzidos e vivenciados pelos participantes locais destes processos, tais como gestores, planejadores, operadores do setor privado, representantes de grupos de interesses específicos e a sociedade civil de forma geral (WORLD BANK, 2013).

A análise de casos de transformação urbana considerados bem sucedidos surge como ferramenta de significativo potencial para auxiliar a compreensão de processos de urbanização já existentes, bem como para potencializar processos de planejamento e gestão urbana. Tal análise pode ser realizada em múltiplas dimensões, desde o âmbito regional como o caso do impacto do Estatuto da Cidade no Brasil (BRASIL, 2001), até ao nível de projetos específicos em âmbito local como os casos do High Line (STERNFELD, 2001), em Nova York nos Estados Unidos e a revitalização do Rio Cheonggyecheon (PODOLAK, 2012), em Seul na Coréia do Sul.

Devido à complexidade envolvida nos processos de urbanização destaca-se a importância de que os processos de cada cidade ou região sejam analisados dentro do contexto no qual estão inseridos. Percebe-se que mesmo analisados individualmente em seus próprios contextos é possível encontrar fatores em comum entre casos estudados – que podem ser considerados como “linhas mestras” para um modelo da avaliação de urbanização. Um possível exemplo é a análise realizada pelo Banco Mundial sobre cidades do Brasil, República da Coréia e Colômbia (WORLD BANK, 2013:83-105).

Este trabalho se propõe a analisar o processo de revitalização urbana ocorrido em Bogotá DC entre os anos de 1995 e 2007, nas gestões dos prefeitos Antanas Mockus, Enrique Peñalosa e Luíz Eduardo Garzón, a partir do método de estudo de caso. Para tanto serão explorados os fatores que podem ser considerados como relevantes para o bom planejamento e gestão urbana. Bogotá foi escolhida por ser frequentemente mencionada na literatura internacional sobre planejamento e gestão urbana como caso exitoso de transformação urbana (WORLD BANK, 2013; SANTORO, 2012; BECKETT e GODOY, 2010; SUZUKI, CEVERO e IUCHI, 2013).

É realizada a caracterização teórica de ferramentas de gestão urbana nos âmbitos de planejamento territorial, processo democrático, viabilização financeira, abordagem estratégica, aparato jurídico e sistemas de inteligência. Quanto aos instrumentos de planejamento urbano, é realizada a caracterização teórica dos temas: zoneamento, mobilidade, atividade residencial e desenvolvimento social.

São apresentados os resultados sobre as ferramentas de gestão e instrumentos de planejamento urbano, identificados através desta pesquisa, utilizados em Bogotá. A partir dos resultados foi possível realizar a proposição de um modelo conceitual de atuação de gestores na gestão urbana.

2. OBJETIVO

Identificar e analisar processos de planejamento e gestão urbana, utilizados entre 1995 e 2007, em Bogotá que possam ser considerados como modelo de boas práticas para a gestão urbana de cidades.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O Estudo de caso foi o método escolhido para a condução deste trabalho uma vez que busca-se analisar como ocorreu a transformação urbana de Bogotá através dos processos de planejamento e gestão urbana. Considerando ainda que a pesquisa focaliza acontecimentos contemporâneos e que o pesquisador não possui controle sobre os eventos analisados, é possível identificar que de acordo com Yin (2005) o método de estudo de caso é o mais apropriado.
De acordo com Roesch (1999) o estudo de caso apresenta-se como uma ferramenta para a análise de uma organização ou grupo a serem estudados, a qual permite o estudo de questões sociais importantes tanto no contexto histórico como contemporâneo no ambiente natural do objeto da análise.
A Tabela 1 apresenta os critérios utilizados para identificação de ferramentas de gestão urbana utilizadas em Bogotá entre os anos 1995 e 2007.

Tabela 2. Ferramentas de gestão urbana

Ferramentas	Descrição	Autores
Planejamento territorial	A gestão urbana deve fazer uso efetivo dos instrumentos de planejamento urbano.	Kaiser, Godschalk e Chapin Jr. (1995); Lacerda, Mendes Zancheti e Diniz (2000); Montenegro, Gomes, et al (2012).
Processo democrático	A proposição de caminhos para o desenvolvimento da cidade e a tomada de decisão necessita de articulação entre setores público, privado e sociedade civil organizada.	Pomeroy (1953); Corbusier (2000); Colette (2010).
Planejamento de viabilização financeira	O planejamento financeiro deve ser realizado tendo em vista a implantação de ações da gestão bem como a manutenção destas ao longo do tempo.	World Bank (2013, 2009); Selsky e Parker (2005); Giles e Dowal (1996).
Abordagem estratégica	A gestão deve atuar de forma sistemática, a partir da situação atual, em direção à visão de futuro estabelecida. É necessária a figura de ao menos uma liderança estratégica.	Costa (2007); Poister, Pitts e Edwards (2010); Nutt e Backoff (1993).
Aparato legal	Instrumentos legais que viabilizem a implementação de ações e políticas públicas, tanto no presente quanto ao longo do tempo.	Porto (2012); Fajardo (2002); Santos (2014).
Sistemas de inteligência	Existência e utilização de sistemas de informação com tecnologia aplicada ao suporte para tomada de decisão na gestão urbana.	Kaiser, Godschalk e Chapin (1995); Mangaliso (1995); Dewett e Jones (2001).

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 2 apresenta os critérios utilizados para identificação de instrumentos de planejamento urbano utilizados em Bogotá entre os anos 1995 e 2007.

Tabela 3. Instrumentos de planejamento urbano

Instrumentos	Descrição	Autores
Zoneamento	Criação ou atualização da divisão do solo urbano e fomento à observação da sua normatização.	Giles e Dowal (1996:5); American Planning Association (2001); Kaiser, Godshalk e Chapin (1995).
Mobilidade	Criação ou atualização de ações e políticas de mobilidade com ênfase na mobilidade a pé, uso de bicicletas e transporte coletivo.	Suzuki, Cevero e Iuchi (2013); World Bank (2013, 2009);
Atividade residencial	Ênfase em ações de habitação para população de baixa renda e na redução da habitação informal.	Kaiser, Godshalk e Chapin (1995); Ceballos e Martin (2004).
Desenvolvimento social	Ênfase em ações que valorizem beneficiar a comunidade como um todo, dando similar importância a pessoas de distintos grupos sociais.	Midgley (2013); Bridsall (1993).

Fonte: Elaborada pelo autor.

A obtenção de evidências para a pesquisa foi realizada através de pesquisa documental. Foram utilizados documentos oficiais do Governo de Bogotá, material científico e material disponível na internet como artigos de jornais e documentários.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados constituem a apresentação de informações referentes especificamente aos períodos dos governos dos prefeitos Antanas Mockus (1995-1997 e 2001-2003), Enrique Peñalosa (1998-2000) e Luís E. Garzón (2004-2007).

4.1 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO

O primeiro governo de Mockus foi caracterizado por um apelo à “cultura cidadã”. A implementação desta abordagem foi realizada através do posicionamento de liderança com forte ênfase ao combate à corrupção e estímulo ao cumprimento de normas de convivência. Houve ajuste financeiro a fim de preparar a cidade para buscar financiamentos necessários ao desenvolvimento urbano. Foram regularizadas 122 áreas de ocupação irregular. Trabalhou também na recuperação e valorização de espaços públicos (CEBALLOS e MARTIN, 2004; SANTAMARIA, JIMENEZ e BARRIGA, 2006).
Durante o mandato de Peñalosa foi utilizada uma abordagem distinta de governo, não quanto à cidade democrática, mas quanto aos passos para criá-la. Buscou para sua equipe profissionais do setor privado, que o auxiliaram a realizar uma gestão orientada por resultados, viabilizando a adoção prática de visão de longo prazo (projetos que tiveram sequência nos governos seguintes). Foi emitido o Decreto do Plano de Ordenamento Territorial de Bogotá e criada a Metrovivienda. Quanto à regulamentação de ocupações ilegais, foram regularizados via decreto aproximadamente 449 ocupações (BOGOTÁ, 2000).
A viabilização de recursos financeiros na administração de Peñalosa contou com a reorganização tributária, e parcerias público-privadas. Estas últimas foram utilizadas para a operação do Transmilênio e na área da educação, através da concessão da administração de escolas públicas à instituições privadas de ensino (SANTAMARIA, JIMENEZ e BARRIGA, 2006).

Na segunda gestão de Mockus identifica-se o caráter estratégico através da continuidade aos projetos do governo anterior. Houve sequência nas ações iniciadas por Peñalosa como as de uso de espaços públicos e mobilidade urbana (CEBALLOS e MARTIN, 2004).
O Plano de Ordenamento Territorial teve sua primeira revisão ainda durante o mandato de Mockus em 2003. Recursos da mais valia urbana obtidos através pelo poder público eram destinados prioritariamente para projetos de habitação de interesse social (SALGADO, MONTAÑA e VEJARANO, 2008; FERRO, 2007).
Foi formalizado em 2001 o Sistema Distrital de Informações (SDI). Este sistema dispunha de informações integradas oriundas tanto da Administração central de Bogotá, como de empresas públicas e do Fundo de Desenvolvimento Local (CEBALLOS e MARTIN, 2004).
O mandato de Garzón possui características distintas daquelas encontradas em seus dois predecessores (embora tenha mantido ações de governos deles, como a expansão do Transmilenio) mas que trouxe contribuições importantes para a cidade. Garzón apresentou a abordagem “cidade-região”, com a cidade como a centralidade de um sistema integrado à uma região composta por outras cidades (FUNDACIÓN KONRAD ADENAUER, 2010). Destaca-se ainda a regulamentação do Plano Diretor de Espaço Público, através do qual o espaço público é concebido a partir de sua definição sociocultural e política, composição física e as formas de ocupação e apropriação. A aprovação do Plano Diretor de Espaço Público foi realizada em 2005 (SERRUDO, 2007).
Foi feita uma compilação dos Decretos no 619 de 2000 e no 469 de 2003 (ambos dispõem sobre o Plano de Ordenamento Territorial). Esta compilação teve por objetivo proporcionar princípios de simplicidade e transparência (BOGOTÁ, 2004).

4.2 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO URBANO

Durante o primeiro mandato de Mockus, identificam-se ações de desenvolvimento social com objetivo de desenvolvimento da cultura cidadã. Mesmo sendo considerada uma medida até certo ponto impopular (DALSGAARD, 2009), houve comprovada redução no índice de homicídios em Bogotá a partir deste período (ACERO, SALAZAR e RAMÍRES, 2006).
Mockus deu início à ações de melhoria da mobilidade urbana em Bogotá. Neste sentido foram traçadas metas de ampliação da malha viária urbana e início dos estudos sobre a viabilidade do sistema de metrô para a cidade (CEBALLOS e MARTIN, 2004). Através da sua política de “cultura cidadã”, estimulou a observação e acatamento de normas, e a convivência em espaços públicos. Percebe-se que esta cultura é beneficiada através das ações das administrações municipais seguintes (SERRUDO, 2007).
Na gestão de Peñalosa, identifica-se como importante instrumento de zoneamento a expedição do Plano de Ordenamento Territorial. Foram estabelecidos padrões urbanísticos específicos com objetivo de estabelecer uma abordagem de “modelo de cidade” (MONTAÑA E VERAJANO, 2008).
Houve a regularização fundiária de aproximadamente 449 áreas irregulares, com destaque o projeto do Tercer Milenio que constituiu em um conjuntos de ações em uma área degradada no centro da cidade. Entre os objetivos do programa estavam a transformação econômica da área, melhoria nas condições de habitação, renovação social e transformação estética (CEBALLOS e MARTIN, 2004).
A construção de ciclovias e melhoria dos espaços para o trânsito de pedestres tiveram como objetivo “pedagógico” tratar pedestres e ciclistas com o mesmo nível de prioridade do que até então era dado aos automóveis nas vias municipais (DALSGAARD, 2009). Foi concebido e implantado Transmilenio, um sistema de ônibus de alta performance baseado na concepção do BRT (Bus Rapid Transit). A rede de transporte coletivo existente foi integrada ao sistema Transmilenio (CEBALLOS e MARTIN, 2004; HIDALGO e GRAFITIEAUX, 2007).

Quanto à atividade residencial, a criação da Metrovivienda teve como objetivo principal a apropriação de solo para o desenvolvimento de projetos de habitação de interesse social. Foram realizadas significativas ações para estímulo ao desenvolvimento social, como a criação de megabibliotecas públicas em zonas periféricas da cidade, próximas a parques e espaços públicos. A cultura de observância de regras também foi estimulada junto à população (CEBALLOS e MARTIN, 2004).

Na segunda gestão de Mockus houve sequência de certas políticas e programas das duas gestões anteriores. Embora tenha retomado a abordagem de "cultura cidadã", seguiu avançando nos temas de zoneamento e mobilidade. Neste período realizou a primeira revisão do Plano de Ordenamento Territorial, tratando temas como a questão das políticas ambientais, alterações nas classificações de uso do solo, indenizações e estacionamentos, entre outros (CEBALLOS e MARTIN, 2004).

A política de mobilidade continuou a ser abordada através do início da execução da segunda fase do Transmilenio. Mockus manteve as restrições ao uso de automóveis particulares (SANTAMARIA, JIMENEZ e BARRIGA, 2006).

Quanto à atividade residencial, Mockus reabilitou a Caja de Vivienda Popular que tinha por objetivo o acompanhamento social para a relocação de pessoas em situação de vulnerabilidade (CEBALLOS e MARTIN, 2004).

Ações de desenvolvimento social identificadas foram a retomada da abordagem da "cultura cidadã" em termos de valores de condutas de convívio, o fortalecimento de programas de redução da violência e atenção a moradores de rua (CEBALLOS e MARTIN, 2004).

Garzón trouxe em seu mandato uma abordagem com ênfase social. Manteve algumas ações relacionadas a temas abordados por seus predecessores (como mobilidade e espaços públicos), entretanto com uma nova ordem de prioridades (TIXIER, 2010). Regularizou aproximadamente 200 áreas irregulares, e avançou quanto à regulamentação de zonas de uso público através do Plano Diretor de Espaço Público. Este era regido por três eixos principais: política de gestão, cobertura e acessibilidade, e política de qualidade (SERRUDO, 2007).

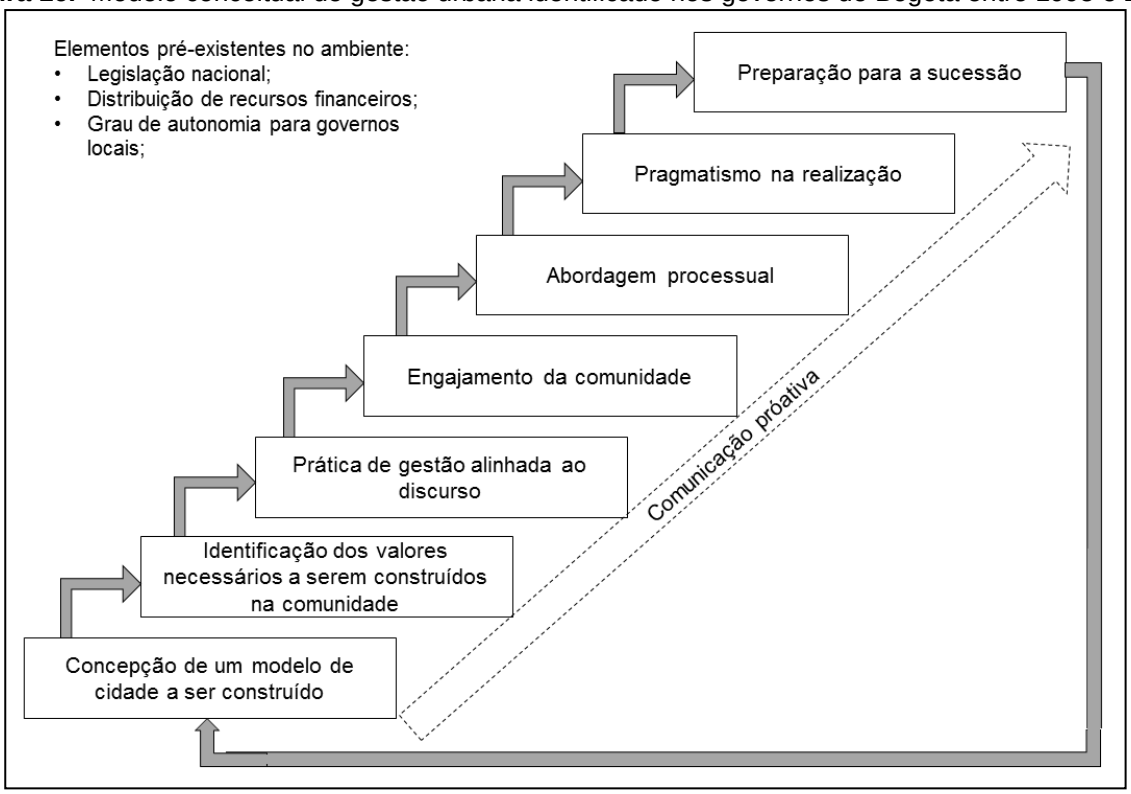
Foi concluída da segunda fase da implantação do Transmilenio. Além disto foi iniciado o planejamento da terceira fase do sistema que deveria ser implementada na gestão seguinte (HIDALGO e GRAFITIEAUX, 2007). Garzón manteve a restrição no uso de automóveis particulares adotadas nos governos anteriores.

Garzón implantou programas sociais com objetivo de propiciar à população condições de efetivo exercício de direitos políticos, econômicos e sociais. Entre os programas estão o "Bogotá sin hambre" (relacionado a nutrição, e que foi o principal programa social da administração de Garzón), "Saúde para uma vida digna", "Tolerância zero para abuso, mendicância e trabalho infantil" e "Comunicação para participação" (TIXIER, 2010).

4.3 MODELO DE GESTÃO URBANA

O presente estudo dá um passo adicional na identificação dos fatores que contribuíram para a transformação de Bogotá. Um produto importante deste estudo é a proposta de um modelo de gestão urbana (com abordagem cíclica). O padrão que serviu de base para a proposta do modelo de gestão foi identificado a partir da análise das ferramentas de planejamento e gestão urbana utilizados pelos prefeitos entre os anos de 1995 e 2007 conforme mostra a Figura 1.

Figura 16. Modelo conceitual de gestão urbana identificado nos governos de Bogotá entre 1995 e 2007



Fonte: Elaborada pelo autor.

A concepção de um modelo de cidade a ser construído está relacionada com a ênfase a partir da qual cada um dos prefeitos atuou durante seu mandato (a transformação urbana que desejavam para o futuro). Esta concepção pode ser denominada como “visão de futuro” (COSTA, 2007).
Os valores de cidadania necessários à comunidade como, justiça social, ética e transparência foram identificados e definidos pelos prefeitos que desenvolveram ações para a construção dos mesmos junto à população. Em termos gerais, os prefeitos adotaram estes valores à sua prática de gestão, o que consequentemente gerava confiança e respeito para com seus governos.
Os três governos viabilizaram meios de engajamento da comunidade através de articulações específicas com os setores público, privado e sociedade civil. Um exemplo concreto são as parcerias público-privadas para mobilidade e educação. Tal articulação mostrou-se crucial para o êxito da transformação urbana de Bogotá como um todo.
A abordagem processual foi identificada a partir de evidências de que os governos além de atuarem com projetos de médio e longo prazo, também davam continuidade à políticas, programas e projetos de gestões anteriores. Neste sentido foi identificado o que pode ser considerado como pragmatismo (no sentido positivo) na realização das ações de governo, quando a execução de programas e projetos tidos como necessários foi levada a termo mesmo quando poderiam ser considerados impopulares por segmentos específicos da população.
Foi identificado que este processo de atuação dos prefeitos se deu em um ambiente com fatores que favoreceram esta forma de abordagem de governo. Estes fatores são a legislação nacional vigente; distribuição de recursos financeiros; e o grau de autonomia para o governo local.

A comunicação proativa foi identificada a partir da análise do posicionamento de liderança dos prefeitos e sua interação com a comunidade. Considera-se aqui como estratégia de comunicação a liderança por meio do exemplo, evidenciada em especial nas gestões de Mockus e Peñalosa.
A preparação para sucessão foi um elemento importante. Foram realizadas tentativas de identificar candidatos que apresentassem condições apropriadas para dar sequência em ações-chave do prefeito em exercício.
A comunicação do poder público com a sociedade foi identificada como um dos fatores fundamentais no processo de transformação urbana analisado. Além dos meios massivos de comunicação, foi possível perceber que a comunicação interpessoal foi um dos fatores que auxiliaram na implementação de políticas planejadas (CEBALLOS e MARTIN, 2004:503).
A gestão orientada por resultados com visão de longo prazo viabilizou a concretização de etapas importantes na transformação de Bogotá. A análise dos resultados demonstrou que esta abordagem, que pode ser considerada como de caráter tecnocrático, foi determinante para o êxito no enfrentamento de situações críticas.
Foi possível identificar que há ações que potencializam o discurso dos governos. As ações do poder público quando alinhadas aos valores éticos e de cidadania propagados por este, tornam-se uma ferramenta estratégica de engajamento da comunidade. Este posicionamento favoreceu o aumento da transparência do setor público junto à comunidade em geral (BOGOTÁ CÓMO VAMOS, 2014).
Comparando os resultados encontrados com a história de Bogotá em termos de planejamento e gestão urbana, torna-se possível inferir que gestores com perfil de liderança estratégica (NUTT e BACKOFF, 1993:324) têm melhores chances de êxito na operacionalização de transformações urbanas do que aqueles apoiados no perfil técnico de planejamento.
Adicionalmente identifica-se a relevância do planejamento urbano “não importado” (como feito em momentos específicos da história de Bogotá), mas realizado a partir da cultura local. Mockus e Peñalosa conceberam políticas, programas e projetos de transformação urbana a partir da realidade histórico-cultural da cidade.

5. CONCLUSÃO

Os resultados encontrados indicam que os objetivos deste trabalho foram satisfatoriamente atendidos, e o modelo de gestão urbana proposto indica que é possível aprofundar este tema através de estudos futuros, e também através da aplicação do modelo de gestão proposto em outras cidades. Como pesquisa complementar recomenda-se a aplicação desta metodologia a períodos mais recentes de gestão municipal de Bogotá, especialmente o período de nova reeleição de Enrique Peñalosa. Outro ponto de destaque, é que devido ao fato de que a metodologia aqui apresentada e o modelo de gestão urbana proposto, são aplicáveis a outras localidades, percebe-se a oportunidade para sua implementação em outras cidades, o que deverá resultar em refinamento metodológico e disponibilização de um novo recurso estratégico para gestores urbanos, tanto no âmbito nacional quanto no internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERO, Sandra; SALAZAR, Bernardo P.; RAMÍRES, Sofia. (2006). Seguridad urbana: una mirada divergente a través de una modalidad insidiosa de hurto en Bogotá. Revista Criminalidad, v. 49, n. 10, p. 245-254. Consultado em: http://www.policia.gov.co/imagenes_ponal/dijin/revista_criminalidad/vol49/10.pdf.

AMERICAN PLANNING ASSOCIATION. (2001). LBCS Standards: American Planning Association. Consultado em: https:// www.planning.org/lbcs/standards/pdf/ InOneFile.pdf.

BECKETT, Katherine; GODOY, Angeline. (2009). A Tale of Two Cities: A Comparative Analysis of Quality of Life Initiatives in New York and Bogotá. Urban Studies, v. 47, n. 2, p. 277-301. Consultado em: http://usj.sagepub.com/content/47/2/277.full.pdf+html.

BOGOTÁ. (1998). Alcaldía Mayor. Acuerdo nº 15 de 8 de dezembro de 1998. Por la cual se crea una Empresa Industrial y Comercial del Distrito Capital, se le asignan las funciones de Banco de Tierras y de Promoción de la Vivienda de Interés Social y se dictan otras disposiciones. Consultado em: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=932.

BOGOTÁ. (2000). Alcaldía Mayor. Decreto nº 619 de 28 de Julho de 2000. Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital. Consultado em: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3769.

BOGOTÁ. (2004). Alcaldia Mayor. Decreto n 190 de 22 de junho de 2004. Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003. Consultado em: http://www.alcaldiabogota.gov.co /sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13935.

BOGOTÁ. (2005). Alcaldía Mayor. Decreto nº 348 de 23 de Setembro de 2005. Por el cual se reglamenta el artículo 437 del Decreto Distrital 190 de 2004, y se establece el procedimiento de sustitución de zonas de uso público. Consultado em: <http://www.alcaldiabogota.gov.co /sisjur/normas/Norma1.jsp?i=17631#0>.

BOGOTÁ CÓMO VAMOS. (2014). Bogotá cómo vamos. Consultado em: http://www.bogota comovamos.org/.

BRASIL. (2001). Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Consultado em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm.

BRIDSALL, Nancy. (1993). Social development is economic development. Washington: World Bank. Consultado em: http://go.worldbank.org/F7FDRZOT10.

CEBALLOS, Miguel; MARTIN, Gerald. (2004) Bogotá: Anatomia de una transformación: Politica de seguridad ciudadana 1995-2003. 1a. ed. Bogotá, D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Consultado em: http://www.corteidh.or.cr/tablas/23044.pdf.

COLETTE, Maria M. Moderação. (2010). In: BROSE, M. Metodologia participativa: uma introdução a 29 instrumentos. 2a. ed. Porto Alegre: Todo Editorial.

COLOMBIA.(1989). Ley nº 9, de 11 de Enero de 1989. Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones. Consultado em: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1175.

CORBUSIER, Le. (2000). Planejamento Urbano. 3. ed. São Paulo: Perspectiva. Consultado em: www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/livros/le_corbusier_planejamento_urbano.pdf.

COSTA, Eliezer A. D. (2007). Gestão estratégica: da empresa que temos para a empresa que queremos. 2. ed. São Paulo: Saraiva.

DALSGAARD, Andreas M. (2009). Bogotá change. [S.l.]: (60 min 30 s). Consultado em: https://www.youtube.com/watch?v=4lOkLNIT3gI.

DEWETT, Todd; JONES, Gareth R. (2001). The role of information technology in the organization: a review, model, and assessment. Journal of Management, v. 27, p. 313-346. Consultado em: http://jom.sagepub.com/content/27/3/313.

FAJARDO, Luis E. (2002). La corrupción heredada: pasado colonial, sistema legal y desarrollo económico en Colombia. Revista de Estudios Sociales, n. 12, p. 20-28. Consultado em: http://res.uniandes.edu.co/view.php/502/1.php.

FERRO, José S. (2007). La planeación de Bogotá: un sistema híbrido de desarrollo progresivo. Bitácora Urbano Territorial, v. 1, n. 11, p. 208-219. Consultado em: http://www.revistas.unal.edu.co/index.phpbitacora/article/view/ 18637/19533.

FUNDACIÓN KONRAD ADENAUER. (2010). 25 años de la descentralización en Colombia. Consultado em: http://www.kas.de/wf/doc/kas_19274-1522-4-30.pdf?100426210336.

GILES, Clarke; DOWAL, David E. (1996). A framework for reforming urban land policies in developing countries. Washington, DC: World Bank. Consultado em: http://ww2.unhabitat.org/programmes/ump/documents/UMP7.pdf.

HIDALGO, Dario; GRAFITIEAUX, Pierre. (2007). Case study transmilenio, Bogotá, Colombia. Washington, DC: World Bank. Consultado l em: http://siteresources.worldbank .org/INTURBANTRANSPORT/Resources/Hidalgo-Graftieaux-BOGOTA.pdf.

KAISER, Edward J.; GODSCHALK, David R.; CHAPIN JR., Stuart F. (1995). Urban land use planning. 4a. ed. Chicago: University of Illinois Press.

LACERDA, Norma; MENDES ZANCHETI, Silvio; DINIZ, Fernando. (2000). Planejamento metropolitano: uma proposta de conservação urbana e territorial. EURE (Santiago), v. 26, n. 79. Consultado em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612000007900005&lng=es&nrm=iso.

MANGALISO, Mzamo P. (1995). The strategic usefulness of management information as perceived by middle managers. Journal of Management, v. 21, n. 2, p. 231-250. Consultado em: http://jom.sagepub.com/content/21/2/231.

MIDGLEY, James. (2013). Social development: theory & practice. Thousand Oaks: SAGE. Consultado em: http://www.sagepub.com/books/Book231949?siteId=sage-us&prodTypes=any&q=Midgley &fs=1#tabview=google.

MONTENEGRO, Nuno et al. (2012). A land use planning ontology: LBCS. Future Internet, v. 4, n. 1, p. 65-82. Consultado em: www.mdpi.com/1999-5903/4/1/65/pdf.

NUTT, Paul C.; BACKOFF, Robert W. (1993). Transforming public organizations with strategic management and strategic leadership. Journal of Management, n. 19, p. 299-347. Consultado em: http://jom.sagepub.com/content/19/2/299.

PODOLAK, Kristen. (2012). Multifunctional Riverscapes: Stream restoration, Capability Brown's water features, and artificial whitewate. Consultado em: http://escholarship.org/uc/item/03m308k9.

POISTER, Theodore H.; PITTS, David W.; EDWARDS, Lauren H. (2010). Strategic management research in the public sector: a review, synthesis, and future directions. The American Review of Public Administration, n. 40, p. 522-545. Consultado em: http://arp.sagepub.com/content/40/5/522.

POMEROY, Hugh R. (1953). The planning process. In: BREESE, G.; WHITEMAN, D. E. An approach to urban planning. New Jersey: Princeton University. Cap. 2, p. 9-37.

PORTO, Jane F. (2012). Plano diretor e gestão democrática: instrumentos jurídicos potencializadores do direito à cidade. Revista de Direito da Cidade, v.4, n. 2, p. 129-165. Consultado em: http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/9715/7614.

ROESCH, Sylvia M. A. (1999). Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estagiários, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 2a. ed. São Paulo: Atlas.

SALGADO, Sandra V.; MONTAÑA, Alexander S. M.; VEJARANO, Maria C. (2008). Bogotá, DC Primera experiencia de recuperación de la plusvalia urbana para la colectividad, en el marco de la Ley de desarrollo territorial. Centre de Poltica del Sol i Valoracions - Universitat Politécnica de Catalunya.

SANTAMARIA, Jorge H. C.; JIMENEZ, Joana; BARRIGA, Jorge. (2006). Performance of Bogotá and city growth 1990-2007. Bogotá. Consultado em: http://pt.slideshare.net/cardenasjhc/case-study-on-the-performance-of-bogot-1990-2007.

SANTORO, Paula F. (2012). O desfio de planejar e produzir expansão urbana com qualidade: a experiência colombiana dos planos parciais em Bogotá, Colômbia. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 13, n. 1, p. 91-115. Consultado em: http://www.anpur.org.br/revista/rbeur /index.php/rbeur/article/view/287.

SANTOS, Angela M. S. P. (2014). Planejamento urbano: para quê e para quem?. Revista de Direito da Cidade, v. 4, n. 1, p. 91-119. Consultado em: http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php /rdc/article/viewFile/9699/7599.

SELSKY, John W.; PARKER, Barbara. (2005). Cross-sector partnerships to address social issues: Challenges to theory and practice. Journal of Management, v. 31, n. 6, p. 849-873. Consultado em: http://jom.sagepub.com/content/31/6/849.

SERRUDO, Nelson A. G. Espacio público en Bogotá (1990-2006). (2007). Bitácora Urbano Territorial, Bogotá, v. 1, n. 11, p. 40-52. Consultado em: http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/ bitacora/article/view/18630/19526.

STERNFELD, Joel. (2001). The High Line [Portfolio]. Places, v. 14, n. 2, p. 56-63. Consultado em: http://escholarship.org/uc/item/1zr7t1xc.

SUZUKI, Hiroaki; CEVERO, Roberto; IUCHI, Kanako. (2013). Transforming cities with transit. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.

TIXIER, Nicolas. (2010). Bogotá: case study: research 2009-2010. Grenoble: CRESSON. Consultado em: http://cressound.grenoble.archi.fr/fichier_pdf/librairie_ambiance/Tixier_2010_ bogota.pdf.

WORLD BANK. (2009a). Systems of Cities: Harnessing urbanization for growth & poverty alleviation. Washington, DC: World Bank. Consultado em: http://documents.worldbank.org/ curated/en/2009/11/11418942/systems-cities-harnessing-urbanization-growth-poverty-alleviation.

WORLD BANK (2009b). World development report 2009: Reshaping Economic Geography. Washington, DC: World Bank. Consultado em: https://openknowledge.worldbank. org/bitstream/handle/10986/5991/WDR%202009%20-%20English.pdf?sequence=3.

WORLD BANK. (2013). Planning, Connecting, and Financing Cities - Now: Priorities for City Leaders. Washington, DC: World Bank.

YIN, Robert K. (2005). Estudo de caso: planejamento e métodos. 3a. ed. Porto Alegre: Bookman.

188 A BORDA URBANA SUSTENTÁVEL: UM OLHAR ATRAVÉS DAS CARTAS PATRIMONIAIS

*MACULAN, Laércio Stolfo (laercio.maculan@IMED.edu.br) *; MORO, Leila dal (leidalmoro@yahoo.com.br)*

[1] Faculdade Meridional (IMED), Brasil
[2]Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A urbanização brasileira ocorreu num curto período de tempo. A borda urbana como limite entre o urbano e rural é o testemunho de uma urbanização incompleta, espalhada e com sérias deficiências. O presente estudo tem como objetivo a proposição de melhoria para a borda urbana sob o ponto de vista das cartas patrimoniais e discute a sustentabilidade na dimensão do lugar, permanência e pessoas. Com caráter teórico o presente trabalho foca esta abordagem nas bordas urbanas de cidades médias. As cartas patrimoniais são fruto de uma série de discussões ao longo de anos e tem caráter indicativo. São passíveis de interpretações e talvez por isso, atemporais e de validade inquestionável. Foram utilizadas no presente estudo a Carta de Atenas, Declaração de Estocolmo, Carta de Machu Picchu, Carta de Brasília, a Carta de Mar del Plata e a Carta do Rio que apresentam fatos pertinentes para as bordas urbanas. Segundo Seghezzo (2009) a existência de cinco dimensões da sustentabilidade, sendo a dimensão lugar (espaço X, Y e Z); a permanência (tempo) e a dimensão pessoas (humana), estas foram discutidas no presente estudo. Foi possível observar que a Carta de Atenas II foi redigida em 1933 e Carta de Machu Picchu em 1977 continuam pertinentes, uma vez que muitos dos seus critérios se apontamentos não foram observados, sobre planejamento urbano, características do sítio para implantação, uso do solo, fluxos, entre outros. A Declaração de Estocolmo e a Carta do Rio apontaram questões referentes a preservação do meio ambiente nas bordas urbanas. E a Carta de Brasília e de Mar del Plata apontam melhorias na preservação da miscigenação, cultura, identidade e patrimônio imaterial para as bordas.
Palavras-chaves: Bordas urbanas, Cartas patrimoniais, Sustentabilidade.

THE SUSTAINABLE URBAN EDGE: A LOOK THROUGH THE PATRIMONIAL CHARTERS

ABSTRACT
Brazilian urbanization occurred in a short period of time. The urban border as the boundary between urban and rural is the testimony of an incomplete urbanization, spread and with serious deficiencies. The present study aims at proposing improvements to the urban border from the point of view of patrimonial charts and discusses sustainability in the size of the place, permanence and people. With theoretical character the present work focuses this approach in the urban borders of medium cities. The patrimonial letters are the result of a series of discussions over the years and are indicative. They are susceptible of interpretations and perhaps because of this, timeless and of unquestionable validity. The Athens Charter, the Stockholm Declaration, the Machu Picchu Charter, the Brasilia Charter, the Mar del Plata Charter and the Rio Charter, which present relevant facts for urban borders, were used in the present study. According to Seghezzo (2009) the existence of five dimensions of sustainability, being the dimension place (space X, Y and Z); The permanence (time)

and the people dimension (human), these were discussed in the present study. It was possible to observe that the Charter of Athens II was drafted in 1933 and the Charter of Machu Picchu in 1977 remain relevant, since many of its criteria were not observed, on urban planning, site characteristics for deployment, land use, flows , among others. The Stockholm Declaration and the Rio Charter have raised issues regarding the preservation of the environment on urban borders. And the Charter of Brasilia and Mar del Plata point to improvements in the preservation of miscegenation, culture, identity and intangible heritage for the borders.
Keywords: Urban borders, Letters of equity, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A expansão urbana brasileira ocorreu num curto período de tempo, sem planejamento e é uma demanda desafiadora para as cidades. Em números absolutos a partir de 1940 o Brasil apresentava 26,3% das pessoas vivendo nas cidades, ou seja, 18,8 milhões de habitantes. A situação no ano de 2000 passou para 81,2%, ou seja, 138 milhões de habitantes em áreas urbanas, em 60 anos houve um acréscimo de 125 milhões de pessoas. (MARICATO, 2000)

A borda urbana como o limite entre a zona urbana e rural tem muitas demandas latentes, entre elas a necessidade de trabalho, abastecimento, transporte, saúde, energia, água, em uma escala gigantesca. A delineação das bordas urbanas está ocorrendo em sua maioria sem planejamento e sem critérios urbanísticos claros.

O planejamento urbano para a borda necessita se adequar a premissa do desenvolvimento sustentável. Neste trabalho com o enfoque de sustentabilidade desenvolvido por Seghezzo (2009) que defende três dimensões o espaço, a permanência e as pessoas, em contrariedade com a visão tradicional que apresenta o eixo econômico, ambiental e social, o Autor afirma que os impactos sempre acontecem num espaço, atingem uma comunidade específica e tem uma certa duração de tempo.

Foi traçado de forma dialética um comparativo com as cartas patrimoniais, pois estas representam ações que foram desenvolvidas em diferentes períodos de tempo, tratam da melhoria de bens, paisagens e cidades, e tem por objetivo a necessidade de preservação, valorização e ação. Foram estudas todas as cartas patrimoniais, e selecionadas as que apresentaram em seu escopo melhorias para as bordas urbanas. Neste artigo foram utilizadas a Carta de Atenas II, Declaração de Estocolmo, Carta de Machu Picchu, Carta de Brasília, a Carta de Mar del Plata e a Carta do Rio.

O presente estudo tem como objetivo a proposição de melhoria para a borda urbana sob o ponto de vista das cartas patrimoniais e discute a sustentabilidade na dimensão do lugar, permanência e pessoas. Com caráter teórico o presente trabalho foca esta abordagem nas bordas urbanas de cidades médias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A PRODUÇÃO DAS BORDAS URBANAS NA ATUALIDADE

A borda urbana apresenta questões de ordem física, social e simbólica, segundo Arroyo (2007) o termo está associado à percepção de limite, áreas intermediárias e de transição. O autor aponta a tensão do atravessamento e percursos pela borda como uma experiência de trajeto dinâmico.

A borda urbana é parte do processo de produção da periferia, que absorveu o fluxo migratório rural-urbano, este causou implicações na organização física e do território urbano, a chegada destas pessoas causou a descompactação e descentralização. Segundo Santos Júnior et. al. (2013) as bordas urbanas são receptoras das classes sociais com poucos recursos financeiros.

A dinâmica deste espaço urbano segundo Miranda (2009) apresenta seletividade de acesso ao solo, crescente irregularidade fundiária, práticas especulativas, apropriação privada de investimentos públicos, expansão urbana periférica e comprometimento dos recursos naturais.
A pressão por mudança neste limite do espaço urbano segundo Whitehand e Morton (2003), pode ser categorizada em dois tipos, a que está associada a mudança ou a continuidade do uso do solo existente. As principais pressões para as mudanças se devem: mudança de lideranças das comunidades ou organizações, desejo dos próprios moradores em iniciar a mudança, corpo externo que influencia a mudança (autoridade local, instituições e empresas) e a expansão residencial, esta é geralmente articulada pelos proprietários das terras.
Quanto às questões socioculturais e de violência que estão presente nas bordas urbanas, segundo Maricato (2000) e Silveira (2014), são desafios para melhoria da periferia: a concentração territorial homogênea pobre, segregação espacial, falta de opções culturais e esportivas, urbanização espraiada, precária e incompleta, baixa regulação social e ambiental, restrição da mobilidade cotidiana, desemprego crescente, aumento da diversidade e configurações de usos, a existência de espaços fragmentados e dispersos, a baixa densidade construtiva e populacional e expansão urbana para fora. Esta realidade segundo Maricato (2000) aponta para enfraquecimento das entidades como a família e os poderes públicos constituídos.
A complexidade existente nas bordas urbanas, segundo Schlee (2011) se deve pela composição heterogênea, pois estas são compostas por várias dimensões, matizes, áreas formais e informais, florestas e domínio público, exclusão versus inclusão, valorização versus desvalorização, legalidade e ilegalidade e situações híbridas.
A paisagem nas bordas urbanas segundo Whitehand e Morton (2003) e Miranda (2009) necessitam de maior atenção, pois são a interface entre a área natural e antrópica. É importante a manutenção da fauna e flora, da pré-existência da estrutura morfológica do traçado viário das áreas rurais, os recursos naturais e os sistemas de mananciais, questões estes importantes para o equilíbrio entre meio ambiente e infraestrutura urbana.

2.2 AS POSSIBILIDADES DE MELHORIA DAS BORDAS URBANAS PELO ENFOQUE DAS CARTAS PATRIMONIAIS

As cartas patrimoniais são fruto de uma série de discussões ao longo de anos e tem caráter indicativo, está longe de ser uma receita, são passíveis das mais diversas interpretações e talvez por isso são atemporais e sua validade é inquestionável. O IPHAN (2016) disponibiliza as cartas e a partir da leitura de todas foi feita uma reflexão e dentre as mesmas serão apresentadas abaixo as que enfocam e são validas para as bordas urbanas.
A Carta de Atenas II foi desenvolvida pelo CIAM (Congresso Internacional de Arquitetura Moderna) em 1933 e foi um importante manifesto para a urbanidade. Este documento afirma que a base para ocupação de um território deve ser o suporte físico (geografia, linhas de divisão de águas, morros, entre outros) e que se evite a ocupação em áreas de risco, pior orientação solar e acessibilidade dificultada.
Para a periferia o uso adequado da densidade e da verticalização, pois a baixa densidade acarreta altos custos per capto para a municipalidade prover serviços públicos. Ainda a boa incidência de sol, a precariedade na infraestrutura; anéis urbanos e superfícies verdes limítrofes. A funcionalidade e o planejamento adequado do uso do solo pois cada função e indivíduo deve ter seu justo lugar. O conflito entre habitação e vias com alto fluxo, cruzamentos, ruídos, poeira e gases nocivos. Quanto ao fluxo e mobilidade urbana, as vias foram classificadas e estratificadas pelo seu usuário em vias arteriais, coletoras e locais. O transporte público deve ser fluído, a fim de aumentar a velocidade e seu desempenho e com relação de distância-tempo de difícil solução. A carta apresenta as quatro

funções: habitar, trabalhar, recrear-se e circular, as funções devem ser apoiadas pelo clima, topografia e costumes, e assim assegurar a liberdade individual e ao mesmo tempo aproveitar dos benefícios da ação coletiva.

A Declaração de Estocolmo foi firmada em 1972 e no que tange as bordas urbanas pode-se apontar: o direito a igualdade, desfrute de condições de vida adequada e um meio ambiente que permita uma vida digna, os recursos naturais devem ser preservados em beneficio as gerações futuras, o ato de planejar deve prever a conservação da natureza, lutar contra a poluição que não possa ser neutralizada pelo meio ambiente evitando danos graves e irreversíveis, oO crescimento demográfico ou concentrações excessivas de população, ou em baixa densidade populacional, possam impedir o desenvolvimento e o melhoramento do meio ambiente, para isso deve-se aplicar políticas demográficas que respeitem os direitos humanos fundamentais.

A Carta de Machu Picchu foi escrita em 1977 no Encontro Internacional de Arquitetos e afirma que o planejamento urbano necessita da interação sistemática entre lideranças municipais e a desenvolver processo na escala nacional e regional. O processo urbanístico deve desenvolver a interação contextual (comunicação humana) e polifuncional, pois o morar requer qualidade de vida e interação com o meio ambiente natural. A importância de melhorar e manter o transporte público de massa e o processo de planejamento urbano, pois são elementos básicos, afetam custo social e impactam na qualidade do crescimento das cidades. O solo urbano deve prever níveis razoáveis de saúde e bem-estar humano, que garantam a qualidade do ar, água e níveis de ruído. A preservação e defesa dos valores culturais, do patrimônio histórico-monumental, da identidade e do caráter são importantes para manter as estruturas físicas e suas características de uma determinada sociedade.

A Carta de Brasília foi escrita em 1995 pelos representantes do Cone Sul, e referente às bordas urbanas pode-se ressaltar: a miscigenação étnica (indígenas, europeia, mestiça, africana e imigrações), a identidade como forma de pertencimento e participação e a percepção de identidade. A autenticidade do conjunto, o equilíbrio do edifício e de seu entorno, são importantes para manutenção do conteúdo sociocultural e qualidade de vida de seus habitantes. A identificação das tradições culturais locais e o uso de técnicas apropriadas para a preservação de sua autenticidade, as ações devem ser reversíveis e que se harmonizem com o conjunto.

A Carta de Mar del Plata foi escrita em 1997 e trata do patrimônio Intangível, feita pelos participantes das primeiras jornadas do MERCOSUL preveem para as cidades, e aqui focada somente as bordas urbanas, como o patrimônio cultural da região. O Mercosul foi construído por grande quantidade de mestiçagem, por isso é um fator de fortalecimento de nosso patrimônio comum. As ações como promover o registro das expressões do patrimônio cultural intangível, incrementar pesquisas sobre afinidades, particularidades e fontes das tradições comuns da região, desenvolver projetos de desenvolvimento cultural, seguindo critério de qualidade, fomentar a articulação entre as políticas de preservação patrimonial e turismo para possibilitar o desenvolvimento social produtivo.

A Carta do Rio foi desenvolvida em 1992 durante a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e o desenvolvimento, pode ser observado: o direito à vida saudável e produtiva em harmonia com a natureza, a melhor qualidade de vida, eliminar modalidades de produção e consumo insustentáveis e fomentar as políticas demográficas, a participação da população nos processos de adoção de decisões, o princípio da precaução, quando houver perigo de dano grave ou irreversível, as comunidades locais têm papel importante no planejamento do meio ambiente e no desenvolvimento, devido às práticas e conhecimentos tradicionais e a paz e proteção do meio ambiente são interdependentes e inseparáveis.

2.3 A SUSTENTABILIDADE E A BORDA URBANA

O debate sobre sustentabilidade está polarizado nos que defendem a relação com os valores humanos e bem-estar da humanidade e os que colocam o meio ambiente como centro das discussões.

a) A SUSTENTABILIDADE NA VISÃO TRADICIONAL - WCED

A sustentabilidade tem sido um assunto em voga nos últimos anos, por vezes com sua conotação distorcida. A avaliação tem sido realizada sob o enfoque de três pilares o econômico, ambiental e social. O conceito de desenvolvimento sustentável difundido pelo WCED (*World Commission on Environment and Development*) a conceituação onde se define que "é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações de obter seu próprio desenvolvimento", é essencialmente antropocêntrico. (BERARDI, 2013)

Segundo o mesmo Autor, a modernização da ecologia como uma ferramenta operacional do desenvolvimento sustentável e o crescimento econômico como a característica central para o justo e equilibrado desenvolvimento. O crescimento econômico e a sustentabilidade (escassez ambiental) nunca serão suficientes para satisfazer as infinitas necessidades individuais, é a maior falha do relatório do WCED.

A avaliação da sustentabilidade tem por objetivo incorporar princípios de sustentabilidade na elaboração de uma política, plano ou projeto. O uso de indicadores de sustentabilidade é uma maneira de monitorar complexos sistemas. Simplifica informações, tornando comunicáveis, compreensíveis e quantificáveis. (BRASIL, 2008)

Para o desenvolvimento do território, neste contexto as bordas urbanas e os principais propósitos da implementação de avaliação de sustentabilidade é de se ter coerência entre políticas, programas e projetos que intervenham no território. O planejamento do desenvolvimento territorial é previsto na Constituição Federal de 1988, em diferentes escalas. O Plano Plurianual (PPA) instrumento de planejamento do Governo Federal. A relação entre infraestrutura e logística e desenvolvimento urbano e regional, onde as cidades como local de riqueza e inovação e de outro a complexidade dos sistemas de produção e abastecimento na abrangência territorial. (BRASIL, 2008)

b) AS CINCO DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade pensada em outra perspectiva é isso que se propõem o autor Seghezzo (2009) onde indica a existência de cinco dimensões da sustentabilidade, sendo o lugar com as dimensões do espaço X, Y e Z; a permanência que significa a dimensão do tempo e as pessoas como a dimensão humana. A proposição é interessante, pois retira o foco demasiado da sustentabilidade nas questões econômicas, ambientais e sociais.

A dimensão - o lugar: O lugar com aspectos físicos e culturais onde vivemos e interagimos, deve ser adequadamente representado no paradigma da sustentabilidade. É responsável por parte da geração de cultura por prover o senso de pertencimento e identidade. A definição de desenvolvimento deveria levar em conta modelo da base natural do lugar, cultura e política. O lugar é muito mais que um espaço geográfico vazio, são fontes de fatos, identidades e comportamentos. O lugar contribui para que as pessoas construam um senso de pertencimento a uma dada cultura. O conhecimento das condições locais, restrições e oportunidades são necessárias para idealizar melhores políticas sustentáveis.

A dimensão – permanência: tem sido negligenciada apesar do reconhecimento de sua importância, efeitos e ações. Tem a ver com intertemporalidade das relações morais e é o principal domínio do

equilíbrio da intergeração. A falta de um pensamento em longo prazo é uma realidade no discurso da sustentabilidade, pois é na permanência que os feitos do planejamento, efeitos futuros, ações e não ações são percebidas. A inclusão da questão temporal é importante para lidar com o legado material e o transcendente pessoal. Podem ser atribuídos vários conceitos de lugar, mas não estará completo até se adicionar certo componente temporal.

A dimensão - as pessoas: as necessidades humanas vão além delas próprias, com segurança, amor, estima, e auto realização. As pessoas neste contexto de sustentabilidade são percebidas como membros de uma sociedade e não como um ser humano individual. Além disso, tem um senso de corpo e espírito individuais e sempre se interessaram com o significado da natural existência. O futuro da humanidade é precário se não houver uma união entre os conhecimentos modernos e a sabedoria pré-moderna, pois as pessoas estão eliminando completamente a estrutura dos conhecimentos transcendentes.

A chamada revolução da identidade localizada e incorporada se trata de como as pessoas tem recorrido ao seu próprio senso de ordem para avaliar os problemas ambientais, devido ao crescente descrédito dos políticos, companhias, mídias, etc. É uma adequada forma de perceber a relação entre natureza e sociedade a partir do ponto de vista pessoal.

Uma simples dimensão da sustentabilidade não é capaz de perceber a complexidade do comportamento humano e da relevância da relação pessoal com o meio ambiente. O indivíduo gera e mantém a cultura, e é parcialmente responsável pela construção da percepção da noção de que a cultura depende do meio ambiente. Apenas com sua moral e valores, poderá alcançar a mudança de consciência. É preciso alcançar um mundo ecologicamente racional e livre da persuasão moral do autoritarismo de cima para baixo.

3. VISÃO PARA O FUTURO

A proposição de uma visão o futuro da borda urbana em cidades médias. Levando em consideração interpretação das cartas patrimoniais, a indicação de ações pelos autores e a discussão da sustentabilidade segundo Seghezzo (2009). O Quadro 01 apresenta a síntese dos desafios para a borda urbana de cidades médias e a principal dimensão da sustentabilidade.

Tabela 01: Desafios para a borda urbana.

Desafios para a borda	Autores	Carta Patrimonial	Dimensão *
Concentração territorial homogênea pobre	Santos Júnior et. al. (2013); Maricato (2000); Silveira (2014)	Atenas	Pessoas
Relação ao uso do solo e funções	Miranda (2009); Silveira (2014)	Atenas, Machu Picchu e Rio	Pessoas
Mobilidade urbana, fluxo e transporte público.	Maricato (2000); Silveira (2014)	Atenas e Machu Picchu	Pessoas
Crescimento populacional, Densidade e Verticalização	Silveira (2014)	Atenas, Estocolmo e Machu Picchu	Pessoas
Sociocultural, miscigenação e Identidade	Maricato (2000)	Brasília, Mar del Plata e Rio	Pessoas
Pressão por mudança	Whitehand e Morton (2003)	Atenas	Lugar
Urbanização precária	Maricato (2000); Silveira (2014)	Atenas	Lugar
Meio ambiente e recursos naturais e bem estar humano.	Whitehand e Morton (2003); Miranda (2009)	Estocolmo, Machu Picchu e Rio	Permanência
Descompactação urbana	Santos Júnior et. al. (2013); Silveira (2014)		Lugar
Irregularidade fundiária	Miranda (2009); Silveira (2014)		Lugar
Opções culturais e esportivas	Maricato (2000)		Pessoas

Desafios para a borda	Autores	Carta Patrimonial	Dimensão *
Enfraquecimento das entidades	Maricato (2000)		Pessoas
Paisagem	Whitehand e Morton (2003) e Miranda (2009)		Permanência
Base de suporte para ocupação		Atenas	Lugar
Vias alto fluxo e Habitação		Atenas	Lugar
Distancia-tempo do bairro ao centro	Miranda (2009); Silveira (2014)	Atenas	Pessoas
Planejamento urbano preservando a natureza		Estocolmo, Machu Picchu e Rio	Permanência

*As três dimensões da sustentabilidade Seghezzo (2009)

Fonte: Autor (2016).

Os desafios propostos para a borda urbana, podem ser observados na Tabela 1, pois a concentração territorial homogênea pobre, mobilidade urbana, fluxo e transporte público, crescimento populacional, densidade e verticalização para áreas de expansão, relação ao uso do solo e funções e sociocultural, miscigenação e Identidade, foram abordados pelos autores e pelas cartas patrimoniais. Ao analisar pelo enfoque das cartas patrimoniais, em especial a Carta de Atenas II que foi redigida em 1933 estas questões poderiam ter evoluído e ter sido tratadas com mais urgência. No viés da sustentabilidade são impactos principais na dimensão das pessoas, pois as melhorias fariam diferença na qualidade de vida, desde a ambiência urbana, o tempo de deslocamento de casa ao trabalho, como os bairros com densidade populacional compatível com a disponibilidade de equipamentos urbanos, entre outras ações.

A pressão por mudança e a propriedade do solo, e a urbanização precária, os dois assuntos foram apresentados na bibliografia e nas cartas patrimoniais, quanto à questão da análise da sustentabilidade impactam principalmente a dimensão do lugar, pois pressão por mudanças e a urbanização segundo Seghezzo (2009) são questões importante na coesão social. Na ausência ou precariedade de mobilidade, redes e migração, haverá consequentemente prejuízo no uso e apropriação do espaço urbano.

A questão do Meio ambiente, recursos naturais e bem-estar humano, é discutida tanto na bibliografia quanto nas cartas patrimoniais. Mas na avaliação da dimensão da sustentabilidade a dimensão mais crítica é a permanência, pois segundo Seghezzo (2009) o sentimento de pertença a um determinado lugar é muitas vezes relacionada com as coisas que ocorreram em momentos diferentes e por vezes distantes, além da preservação ambiental estar ligada a questões globais.

Algumas questões que ocorrem nas bordas urbanas não estão previstas em cartas patrimoniais e poderiam ser inseridas ou analisadas com mais atenção. A descompactação urbana; e a irregularidade fundiária, são consequências da inoperância e falta de ação do poder público no que tange o planejamento e a fiscalização. Na avaliação da sustentabilidade, a dimensão do lugar é a principal para ambas, pois vazios urbanos, condomínios fechados, conjuntos habitacionais, entre outros, vão gerar diferentes reações no espaço quanto a pertencimento, identidade, segregação, cultura e política.

Quanto há falta de opções de cultura e esporte, o enfraquecimento das entidades como a família e os poderes públicos constituídos, se deve ao abando do poder público e a carência de equipamentos urbanos em quantidade e qualidade necessária para atender a demanda, devido ao processo de urbanização que ocorreu de forma desordenada e rápida. A sustentabilidade na dimensão das pessoas, segundo Seghezzo (2009), os moradores são percebidos como membros de uma sociedade e não como um ser humano individual.

A paisagem, onde estão localizados os bens e sítios históricos já foi prevista nas cartas patrimoniais, porem a paisagem da borda urbana ainda não. A paisagem urbana é analisada quanto

à sustentabilidade pela dimensão da permanência, por sofrer constantes modificações e estas por muitas vezes são determinantes, a temporalidade é uma de suas principais características.
As bases de suporte para a ocupação, a relação de vias de alto fluxo e a habitação foram previstas na Carta de Atenas II e não foram discutidas pelos autores estudados. Quanto a sustentabilidade a dimensão principal é o lugar, pois a base de suporte para a ocupação trata da geografia, topografia, acessibilidade. Já relação de vias de alto fluxo e a ocorrência de habitações é uma questão que gera uma série de problemas no espaço urbano, referentes a poluição atmosférica, ruído, fragmentação, entre outros.
A Declaração de Estocolmo, Carta de Macho Picho e Carta do Rio são cartas patrimoniais que vão tratar do planejamento urbano englobando dentro das discussões a preservação da natureza. Quanto a sustentabilidade a dimensão da Permanência é importante, pois segundo Seghezzo (2009) o planejamento tem sido muitas vezes renegado a um papel secundário e esta é a dimensão onde o planejamento e a consideração dos efeitos futuros de hoje ações e omissões são fundamentais.
A Carta de Atenas II indica a distância-tempo de deslocamento do bairro ao centro como uma ação importante, ainda hoje é uma das questões que merecem estudos e desafia os urbanistas pelas longas jornadas diárias que os moradores das periferias são obrigados a realizar. Quanta a sustentabilidade a dimensão das pessoas, segundo Seghezzo (2009) o poder público não consegue prover o cidadão de serviços mínimos que contribuam para sua autonomia, liberdade, realização, e para o desenvolvimento de relações interpessoais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bordas urbanas são a consequência de um processo de urbanização brasileiro que ocorreu de forma rápida e incompleta. Ao analisar as bordas urbanas pelo olhar das cartas patrimoniais é uma oportunidade de revisar postulados, rever posturas e tornar a discutir a melhoria deste espaço urbano.
As cartas patrimoniais são documentos de cunho propositivo que podem ser reinterpretados e que contribuem nas proposições de melhorias para a borda urbana. Como no caso da Carta de Atenas II que foi escrita em 1933 e a Carta de Machu Picchu de 1977 que tratam da urbanidade de uma forma mais direta. Hoje é possível verificar que há muitos postulados que não foram seguidos e se fossem retomados, com certeza a periferia das cidades seria mais qualificada.
A Declaração de Estocolmo e Carta do Rio tratam de questões referentes ao meio ambiente e recursos naturais, bem-estar humano. Foi possível indicar ações para as bordas urbanas referentes a planejamento urbano que respeitem os recursos naturais, segundo Miranda (2009) as bordas concentram os recursos naturais, áreas de expansão urbana e os sistemas de mananciais, questões importantes para o equilíbrio entre meio ambiente e infraestrutura urbana.
E a Carta de Brasília e de Mar del Plata apontam melhorias na preservação da miscigenação, cultura, identidade e patrimônio imaterial para as bordas. Para isso é imprescindível levar em consideração as características socioculturais presentes neste espaço urbano, como baixa escolaridade e renda, moradores em maior proporção de negros, ocorrência de desemprego, provenientes do processo de migração do meio rural, entre outras.
A discussão sobra a sustentabilidade das bordas urbanas, sob as cinco dimensões propostas por Seghezzo (2009) com a dimensão do lugar, permanência, e a pessoa. Se mostrou interessante pois as propostas de melhoria sempre ocorrem no espaço urbano, estas indicações teriam consequências na qualificação da vida das pessoas que residem na periferia. Na dimensão permanência (tempo) as proposições têm resultados no curto prazo com o uso do espaço

qualificado, e no médio e longo prazo devido ao sentido de pertencimento, acessibilidade, conscientização que ocorre em intergerações.

REFERÊNCIAS

ARROYO, J. Bordas e espaço público: fronteira internas na cidade contemporânea. Arquitextos 081,02: Bordas e espaço público. 2007. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/07.081/269> Acesso em: 01 dez. 2015.

BERARDI, Umberto. Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. Sustainable Cities and Society. Volume 8. Pag. 72 a 78. 2013

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos - SPI. Estudo da Dimensão Territorial para o Planejamento: Volume VII - Avaliação de Sustentabilidade da Carteira de Investimentos / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. Brasília: MP, 2008.

IPHAN – Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Cartas Patrimoniais. 2015. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaSecao.do?id=17575&sigla=Institucional&retorno=paginaInstitucional>. Acesso em: 10 set 2016.

_____. Carta de Atenas II. 1933. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=233>. Acesso em: Acesso em: 10 set 2016.

_____. Compromisso de Brasília. 1970. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=240>. Acesso em: Acesso em: 10 set 2016.

_____. Declaração de Estocolmo. 1972. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=243>. Acesso em: Acesso em: 10 set 2016.

_____. Carta de Machu Picchu. 1977. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=250>. Acesso em: Acesso em: 10 set 2016.

_____. Carta do Rio. 1992. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=263>. Acesso em: Acesso em: 10 set 2016.

_____. Carta de Brasília. 1995. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=265>. Acesso em: Acesso em: 10 set 2016.

_____. Carta de Mar Del Plata. 1997. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=269>. Acesso em: Acesso em: 10 set 2016.

MIRANDA, L. I. B. de. Planejamento em áreas de transição rural-urbana velhas novidades em novos territórios. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (ANPUR), V. 11 , N. 1. MAIO 2009.

MARICATO, E. Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. São Paulo em perspectiva. Vol.14, no.4, p.21-33. São Paulo, 2000.

SANTOS JUNIOR, A. D. ; SILVA, M. D. ; SILVEIRA, J. A. R. .Caracterização socioeconômica da borda urbana na cidade de João Pessoa, Paraíba.. In: SEURB - II Simpósio de Estudos Urbanos: a dinâmica das cidades e a produção do espaço. II SEURB - II Simpósio de Estudos Urbanos., 2013, Campo Mourão-PR. SEURB - II Simpósio de Estudos Urbanos.. Campo Mourão-PR, 2013. p. 01/18-18.

SCHLEE, M. B. A ocupação das encostas do Rio de Janeiro: Morfologia, legislação e processos socioambientais. Tese (doutorado) UFRJ / PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura. Rio de Janeiro, 2011.

SEGHEZZO, Lucas. The five dimensions of sustainability. Environmental Politics. Vol. 18, No. 4, Julio 2009. P. 539 – 556.

SILVEIRA, J. A. R. ;Urban sprawl, periferização e bordas urbanas. Minha Cidade, v. 14, p. 01-04, 2014. Acessado em http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/14.164/5106 em 07/12/2015.

WHITEHAND, J. W. R., MORTON, N. J. Fringe belts and the recycling of urban land: an academic concept and planning practice. Environmentand Planning B: Planning and Design 2003, volume 30. pag. 819 – 839.

286. CIDADES SUSTENTÁVEIS: O BAIRRO DA ILHA PURA NA RIO 2016™

CRUZ, Tairine Cristine Bertola[*1](tbertolacruz@hotmail.com); CARVALHO, Juliana Lodi*[1](julodicarvalho@gmail.com); MARQUES, Lucas Domingues*[1](lucas@fidemgerenciamento.com); HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz*[1](aparecida.hippert@ufjf.edu.br)
[1]Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

RESUMO
Reconhecido como o primeiro bairro totalmente sustentável da América Latina, o Bairro da Ilha Pura, construído para os Jogos da Rio 2016™, já conquistou quatro certificações ambientais: LEED para Desenvolvimento de Bairros, Aqua-HQE Bairros e Loteamentos, Aqua-HQE Habitacional de Alta Qualidade Ambiental e o Selo Casa Azul. Este empreendimento deixa como legado a mudança urgente e necessária nos atuais padrões de consumo dos recursos naturais, uma vez que as cidades contemporâneas estão sendo atingidas por desastres ambientais de intensidade e frequência cada vez maiores. A partir de um estudo de caso, o presente trabalho traz luz a importância dos Eco Distritos (bairros sustentáveis) na definição das Cidades Sustentáveis. A pesquisa é composta de revisão bibliográfica e posterior análise documental sobre os relatórios disponibilizados pelo Comitê Organizador dos Jogos Olímpicos. Todas as ações de eficiência ambiental implantadas colaboraram para o Ilha Pura atingisse a redução de 40% de utilização da água e 10% do consumo de energia. Além disso, durante a obra, evitou-se a emissão de 170 toneladas de gases de efeito estufa e 85% dos resíduos foram reutilizados. Diante da abrangência e da complexidade dos Jogos, percebeu-se que o processo de projeto integrado foi fundamental para a garantia da qualidade das instalações e dos padrões de consumo sustentáveis.
Palavras-chave: Eco Distritos; Cidades Sustentáveis; Bairro da Ilha Pura; Rio 2016™.

SUSTAINABLE CITIES: THE ILHA PURA NEIGHBORHOOD IN RIO 2016™

ABSTRACT
Recognized as the first fully sustainable neighborhood in Latin America, the Ilha Pura Neighborhood, built for the Rio 2016™ Games, has already won four environmental certifications: LEED for Neighborhood Development, Aqua-HQE Neighborhoods and Allotments, Aqua HQE High Housing Environmental Quality and the Selo Casa Azul. This enterprise leaves as a legacy the urgent and necessary change in the current consumption patterns of natural resources, since contemporary cities are being affected by environmental disasters of increasing intensity and frequency. Based on a case study, the present work reveal the importance of Eco Districts (sustainable neighborhoods) in the definition of Sustainable Cities. The research is composed of a bibliographical review and later documentary analysis on the reports published by the Organizing Committee of the Olympic Games. All of the environmental efficiency actions implemented helped the Ilha Pura Neighborhood to achieve a reduction of 40% in water use and 10% of energy consumption. Besides, during the project, 170 tonnes of greenhouse gases were avoided and 85% of the waste was reused. Considering the scope and complexity of the Games, it was realized that the integrated design process was fundamental to guarantee the quality of the facilities and the sustainable consumption patterns.
Keywords: Eco Districts; Sustainable Cities; Ilha Pura Neighborhood; Rio 2016™.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da humanidade, o homem aprendeu a exaurir os recursos naturais disponíveis em prol de sua sobrevivência e conforto. Segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM), um estudo sobre o uso da natureza desenvolvido entre 2000 a 2005, nas últimas décadas, os seres humanos causaram alterações sem precedentes nos ecossistemas para atender as crescentes demandas de alimentos, água, fibras e energia. Essas alterações ajudaram a melhorar a vida de bilhões de pessoas, mas, ao mesmo tempo, enfraqueceram a capacidade da natureza de prover alguns serviços fundamentais, como a purificação do ar e da água e a proteção contra catástrofes ambientais (ALMEIDA, 2007).
Através de estudos, arqueólogos e historiadores têm confirmado que o esgotamento de recursos naturais contribuiu em grande parte ao colapso de diversas sociedades primitivas (KEELER, 2010). Não faltam exemplos sobre as consequências devastadoras para o homem quando os limites da natureza não são respeitados. Ainda sim, os problemas da exploração predatória continuam recorrentes na sociedade contemporânea, conforme demonstra o quadro comparativo abaixo (Quadro 1).

Quadro 1. Comparativo entre problemas ambientais identificados nas civilizações primitivas e na sociedade contemporânea

Principais problemas que contribuíram para o fim de civilações primitivas	Principais problemas identificados pela AEM
•Desmatamento; •Erosão; •Perda de Fertilidade do solo; •Esgotamento da água; •Caça e pesca escessivas; •Aumento demográfico descontrolado.	•Mortalidade de várias espécies de peixes; •Secas intensas; •Escassez de água; •Mudanças climáticas; •Poluição intensa; •Desastres ambientais.

Fonte: Fernandez (2011) e Almeida (2007), adaptado pelos autores.

As cidades estão sendo atingidas por fenômenos climáticos extremos com cada vez maiores frequência e intensidade. Tendo em vista a tendência mundial de concentração populacional em municípios, o planejamento urbano precisa incorporar medidas sustentáveis de mitigação e adaptação que aumentem a resiliência urbana, ou seja, a capacidade do meio natural de absorver as perturbações deste modo de vida (SIEBERT, 2012).
Neste contexto, o presente trabalho traz luz ao conceito dos Eco Distritos e aos novos empreendimentos imobiliários que representam uma mudança de comportamento na relação entre a indústria da construção e o uso dos recursos naturais. O objeto específico de análise foi o Bairro da Ilha Pura, um dos empreendimentos construídos para os Jogos da Rio 2016™.
A pesquisa é composta de revisão bibliográfica e posterior análise documental sobre os relatórios disponibilizados pelo Comitê organizador dos Jogos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ECO DISTRITOS NAS CIDADES SUSTENTÁVEIS

Pesquisas apontam que nossa civilização está cada vez mais urbana. Somos quase a metade dos sete bilhões de habitantes do planeta residindo em cidades (SIEBERT, 2012). Existe também uma tendência mundial na sociedade em escolher um estilo de vida mais limitado a ambientes fechados e desvinculado ao mundo natural. Isto porque os ambientes internos estão cada vez mais confortáveis e arrojados. O problema é que todo esse tempo enclausurado acaba privando os seres humanos dos benefícios físicos e mentais proporcionados por caminhadas e exercícios em ambientes externos, contribuindo com a obesidade e problemas na saúde mental. Além disso, a falta de contato humano com a natureza torna a humanidade insensível aos danos causados ao planeta (FARR, 2013).

A urbanização decorrente da industrialização do século XIX ocorreu sob a ótica antropocêntrica de que o meio natural poderia e deveria ser submetido às todas as necessidades humanas e do capital, e que a natureza assimilaria, indefinidamente, os resíduos da nossa civilização. “Assim, para que a civilização urbana prosperasse, era considerado não só aceitável, mas até necessário, que o meio natural fosse subjugado” (SIEBERT, 2012).

Diante da grave crise do petróleo nos Estados Unidos, na década de 70, surgiu a motivação de pesquisas sobre fontes alternativas de energia necessária para o impulsionar o movimento ambientalista e, em conjunto, os primeiros experimentos da construção sustentável (KEELER, 2010).

Segundo Keeler (2010), todas as atividades realizadas pelo homem afetam, seja de maneira imediata ou latente, o equilíbrio da natureza. As cidades geram uma grande quantidade de poluição por unidade territorial, sendo a construção civil umas das principais atividades emissoras de dióxido de carbono (CO_2) e consumidora de água e energia.

Nessa corrente, o urbanismo sustentável chama a atenção para a oportunidade de redesenhar o ambiente construído com uma maior qualidade de vida e eficiência no uso dos recursos. Uma cidade sustentável é aquela com bairros bem definidos, que atendem as necessidades sociais e ambientais, sem comprometer a continuidade dos recursos naturais (FARR, 2013).

De acordo com o Programa Cidades Sustentáveis (2013), uma parceria de iniciativa público-privada que visa oferecer às cidades participantes uma agenda completa de sustentabilidade urbana (com indicadores e um banco de práticas sustentáveis), o conceito de Eco Distrito (*EcoDistrict*) representa um novo modelo de habitação que enfatiza a implantação de práticas sustentáveis na escala dos bairros, com o objetivo de criar comunidades mais resilientes, inclusivas, justas e, principalmente, eficientes em termos de recursos.

Este conceito foi utilizado pela primeira vez em 2010, na cidade de Portland, Estado Unidos, quando uma organização não-governamental, a POSI (Instituto de Sustentabilidade de Portland), lançou um projeto piloto focado no desenvolvimento sustentável de cinco bairros da cidade. Um dos primeiros Eco Distritos criados, e que serviu como piloto, foi o South of Market (SOMA), cujo processo de desenvolvimento contou com o apoio da PSU (Portland State University). O SOMA é um bairro onde a comunidade adotou o compromisso de implementar projetos que contribuam com a redução da emissão de gases de efeito estufa, uso racional de água e energia e a geração de empregos verdes.

2.2 PLANO DE GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE DOS JOGOS RIO 2016™

Um evento com o porte e a complexidade dos Jogos Olímpicos impacta sem precedentes toda a infraestrutura urbana da cidade-sede, mas, por outro lado, também representa uma oportunidade para acelerar investimentos nesta área (COMITÊ RIO 2016, 2013).

Todo empreendimento, por mais criterioso que seja seu processo de projeto, envolve sempre algum impacto ambiental (KEELER, 2010). Obras de grande visibilidade, como os Jogos Olímpicos, podem deixar como legado a adoção bem-sucedida de novos padrões de produção e consumo menos agressivos ao meio ambiente.

Com este pensamento, os Jogos Rio 2016™ foram planejados para que o evento ajudasse a consolidar práticas mais sustentáveis em transporte, logística, construção e melhorias urbanas. O Comitê de Candidatura da Rio 2016™ estudou o impacto da realização dos Jogos em outras cidades-sede e comprometeu-se em organizar um evento capaz de assegurar um legado de ações sustentáveis.

Em 2008, foi formada a Comissão Especial de Meio Ambiente, responsável pela elaboração de uma agenda ambiental, a ser incorporada ao Dossiê de Candidatura. Além dessa agenda ambiental, também ficou estabelecido que o Comitê Organizador da Rio 2016™ se encarregaria da elaboração de um Plano de Gestão da Sustentabilidade (PGS), com propostas de ação e compromissos do governo para a definição de um programa de sustentabilidade integrada.

A primeira versão do PGS, disponibilizada em Março de 2013, incorporou aos objetivos definidos no Dossiê de Candidatura o ganho de maturidade dos projetos e programas Olímpicos e Paralímpicos. Os objetivos estratégicos foram definidos em torno de três pilares - Planeta, Pessoas e Prosperidade - desdobrados em 9 eixos temáticos, os quais agrupam por similaridade os programas de infraestrutura estabelecidos pelo Comitê Organizador (Tabela 1) (COMITÊ RIO 2016, 2013).

Tabela 1. Objetivos estratégicos estabelecidos no PGS primeira versão.

Objetivo estratégico	Eixo temático
1. Planeta: redução do impacto ambiental causado, imprimindo uma pegada ambiental reduzida.	**1.1** Transporte e Logística
	1.2 Desenho e construção sustentável
	1.3 Conservação e recuperação ambiental
	1.4 Gestão de Resíduos
2. Pessoas: planejamento e execução dos Jogos de forma inclusiva.	**2.1** Engajamento e conscientização
	2.2 Acessibilidade universal
	2.3 Diversidade e inclusão
3. Prosperidade: planejamento com responsabilidade e transparência.	**3.1** Cadeia de suprimentos sustentável
	3.2 Gestão e reporte

Fonte: Plano de Gestão da Sustentabilidade (COMITÊ RIO 2016, 2013).

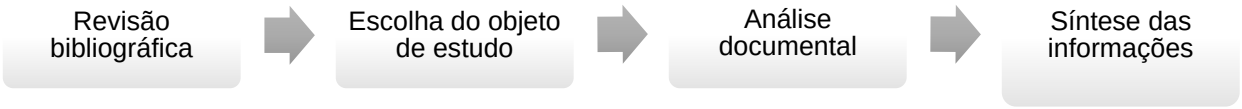
3. MÉTODO DE PESQUISA

O desenvolvimento do trabalho partiu de uma revisão bibliográfica em âmbito internacional, seguida da escolha de um estudo de caso pertinente à compreensão do tema. Sob o ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada de cunho descritivo, com a finalidade de proporcionar mais informações e conscientização sobre a importância do desenvolvimento de cidades sustentáveis.

Para a escolha do objeto de estudo foram considerados os seguintes critérios: acesso e quantidade de informações disponíveis, atualidade do empreendimento, reconhecimento em certificações

ambientais de cunho nacional e internacional e a relevância da proposta de legado em construções sustentáveis.
Em um segundo momento, definido como objeto de estudo o Bairro da Ilha Pura, procedeu-se a análise documental para a caracterização do mesmo. A figura 1 apresenta um fluxograma sobre as etapas metodológicas.

Figura 1. Fluxograma sobre as etapas metodológicas.



Fonte: elaborado pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DO ILHA PURA

A Vila dos Atletas, batizada com o nome de Bairro da Ilha Pura, compreende o bairro planejado na região da Barra da Tijuca, que foi construído para receber os mais de 10 mil atletas e paratletas que participaram da Rio 2016™ (PROCEL INFO, 2016). O empreendimento é resultado de uma parceria público-privada entre o Comitê organizador dos Jogos, que definiu as premissas dos projetos, e as empresas Carvalho Hosken e Odebrecht, responsáveis pelos recursos e pela execução da obra (APO, 2016).
Localizado em uma área estratégica, próxima aos jogos e com mais de 800 mil m², o empreendimento foi construído em uma região de grande crescimento residencial e comercial da cidade-sede da olimpíada, além das belezas naturais do entorno (ao fundo o contorno das montanhas do Maciço da Pedra Branca, à frente a Lagoa de Jacarepaguá e o mar no horizonte). O bairro também possui completa infraestrutura de transporte que o interliga a toda a cidade (CARVALHO HOSKEN; ODEBRECHT, 2016).
O Ilha Pura possui 31 prédios residenciais, divididos em sete condomínios e 3.604 apartamentos que variam entre 2, 3 e 4 quartos. A Vila foi entregue ao Comitê Rio 2016 em 15 de junho de 2016, com capacidade para receber 17.950 atletas e integrantes de equipes técnicas. Todas as unidades foram adaptadas para receber pessoas com deficiência ou pouca mobilidade, desta forma, tem-se portas mais largas, chuveiros mais altos, corredores mais amplos e os elevadores comportam duas cadeiras de rodas.
Cerca de 18 mil pessoas trabalharam na construção do Ilha Pura. Foram usados 430 mil m³ de concreto e 43 mil toneladas de aço. A infraestrutura inclui ainda 360 km de tubulações de água, esgoto e gás e 7,5 km de fios e cabos (JOGOS OLÍMPICOS BRASIL 2016, 2016).
Após o término dos jogos, os apartamentos estão sendo comercializados pelo grupo Ilha Pura Empreendimentos Imobiliários, resultado da parceria entre as empresas construtoras. A partir de 2017, serão 16.360 novos habitantes no bairro, e estima-se que, nos próximos 10 anos, serão 50.550 moradores.
O Ilha Pura foi concebido para gerar conforto e qualidade de vida para seus hóspedes e moradores observando questões como o uso racional dos recursos naturais e baixo impacto ambiental. Desde seu planejamento, o objetivo principal do empreendimento foi tornar-se referência mundial em bairros planejados e sustentáveis. Um dos grandes diferenciais do bairro é a construção de um

parque que possui 65.000 m², 102 espécies diferentes de árvores frutíferas e nativas, 8.500 m² de espelho d'água e 1,1 km de ciclovia (CARVALHO HOSKEN; ODEBRECHT, 2016).

Figura 2. Vila dos Atletas, Bairro da Ilha Pura.



Fonte: André Mota em Jogos Olímpicos Brasil 2016 (2016).

4.2 SUSTENTABILIDADE INTEGRADA

O principal pilar de desenvolvimento do bairro da Ilha Pura é a sustentabilidade, implantada desde a instalação do canteiro de obras até o final da construção. Desta forma, todas as ações de produção, incorporação, logística, engenharia, suprimento e recursos humanos foram definidas a partir de um processo de projeto integrado (CARVALHO HOSKEN; ODEBRECHT, 2016).

O bairro recebeu a certificação Leed (Leadership in Energy and Environmental Design) para Desenvolvimento de Bairros. Dois selos verdes para o bairro e dois para os prédios. O Green Building Council concedeu ao Ilha Pura a certificação internacional pela primeira fase de execução do projeto, significando que o empreendimento trabalhou com princípios de crescimento planejado e inteligente, urbanismo sustentável e edificações verdes. Foram cumpridos 110 itens como, por exemplo, o reaproveitamento de águas cinzas e uso de madeira certificada. De acordo com Maurício Cruz Lopes, diretor-geral do Ilha Pura, com a instalação de uma usina de concreto no canteiro de obras, dispensou-se a contratação de 180 caminhões, evitando a emissão de 170 toneladas de gases de efeito estufa.

Além do Leed, o Ilha Pura é o primeiro empreendimento do Rio de Janeiro a receber a certificação Aqua Bairros e Loteamentos da Fundação Vanzolini, devido a qualidade de vida que oferecerá aos seus moradores. O bairro também recebeu o Selo Casa Azul, da Caixa Econômica Federal, numa referência à certificação concedida a empreendimentos que adotam soluções sustentáveis na construção, uso, ocupação e manutenção de edifícios (SECOVI, 2014).

Ainda na fase de projeto, uma das primeiras ações sustentáveis foi a escolha do posicionamento ideal de cada uma das torres para proporcionar um bioclima favorável à redução da temperatura no interior dos apartamentos, diminuindo a necessidade do uso de ar condicionado. O condomínio conta ainda com 10 mil m² de telhado verde na cobertura dos prédios fazendo com que todos os apartamentos tenham temperaturas semelhantes.

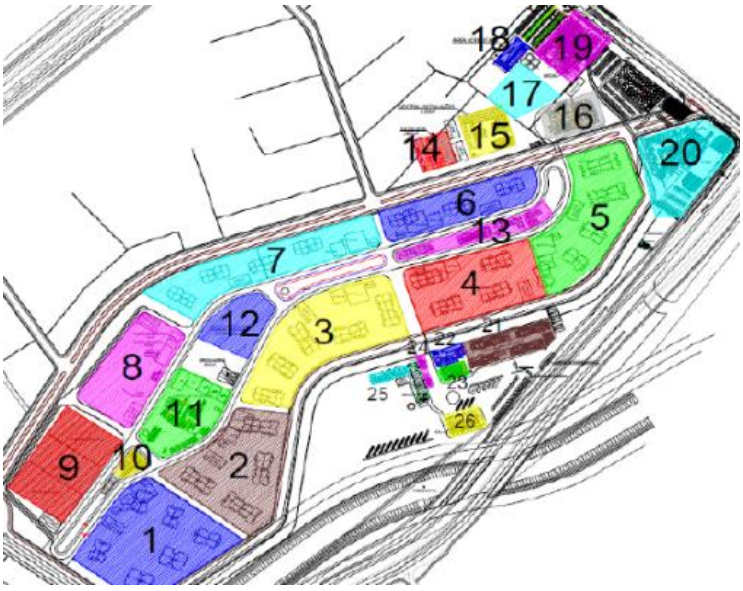
Durante toda a construção foram utilizadas técnicas que reduzissem o consumo de água e energia. No uso da água, foi construída uma estação para tratar a água cinza proveniente dos chuveiros e

torneiras do vestiário dos operários, que após procedimento, foi reutilizada na descarga, limpeza dos equipamentos e na central de concreto. Com o condomínio concluído, a estação passa a ser utilizada nas bacias sanitárias, irrigação dos jardins e abastecimento dos lagos, reduzindo dessa forma 40% da utilização de água do bairro.

Com relação à eficiência energética, foi priorizado a utilização de materiais que minimizassem a sensação de calor e valorizassem a iluminação natural: revestimentos com tons mais claros que refletem a luz do sol e reduzem o aquecimento e vidros semi-reflexivos que funcionam como isolantes térmicos permitindo a entrada da luz natural sem aquecer com tanta intensidade o ambiente. Os elevadores também possuem sistemas regenerativos que gastam 70% menos de energia em comparação com equipamentos convencionais. Além disso, todos os condomínios possuem aquecedores solar de água e a iluminação das áreas comuns em led e com sistemas automatizados de presença, havendo assim, redução de 10% no consumo total (PROCEL INFO, 2016).

Para o gerenciamento do projeto, a obra foi setorizada (figura 3) e monitorada através de sistema online que controlava ações, como por exemplo, o consumo de água e energia. Com relação à gestão de resíduos, foram utilizadas soluções diferenciadas para cada tipo de resíduo gerado (Tabela 2), com um índice de reaproveitamento de 85% (CARVALHO HOSKEN; ODEBRECHT, 2016).

Figura 3. Setorização da obra para controle e monitoramento.



Número	Setor
1 a 7	Condomínios
8	Central de armaduras
9	Pré-moldados
10	Central de fôrmas
11	Usina de concreto
12	Fábrica de blocos
13	Canteiro avançado
14	Central de caixilhos
15	Central de instalações
16	Cozinha
17	Almoxarifado
18	Area "Acreditar"
19	Sede
20	Stand e Mirante
21	Sanitários e Vestiários
22	Ambulatório
23	CAO
24	Lava-rodas
25	Sanitários e Vestiários PNE
26	Central de distribuição

Fonte: CARVALHO HOSKEN; ODEBRECHT (2016).

Tabela 2. Gestão de resíduos.

Tipo de resíduos	Solução adotada
Resíduos orgânicos	Busca de empresas para compostagem
Resíduos de classe A	Moinho no canteiro
Gesso	Máquina de reciclagem no canteiro
Madeira	Biomassa + pesquisas de tijolos ou madeira para forma
Papel/ plástico/ vidro	Coleta seletiva e destinação à cooperativas locais
Outros resíduos	Destinação padrão

Fonte: CARVALHO HOSKEN; ODEBRECHT (2016).

5. CONCLUSÃO

De acordo com a última versão do PGS (2016), um dos principais objetivos estratégicos de todo o planejamento do evento foi a redução do impacto ambiental causado pelos projetos e operações realizados. A abrangência e complexidade dos Jogos exigiram mobilização e planejamento para que as instalações esportivas tivessem qualidade e respeitassem padrões sustentáveis de consumo de água e energia, segurança e transportes.

Segundo Keeler (2010), o termo projeto sustentável evoluiu para projeto integrado. Diferentemente do projeto convencional, o processo de projeto integrado exige um equilíbrio de decisões e uma eficiente comunicação entre todos os membros da equipe, que devem encarar o projeto de maneira holística, em vez de se concentrar exclusivamente em uma tarefa individual. Além disso, já na fase inicial, o projeto deve contemplar o conjunto de impactos ambientais que envolvem o empreendimento para o estabelecimento dos objetivos e medidas sustentáveis intencionados.

Em 1994, o Conselho Internacional de Construção (CIB) definiu o conceito de construção sustentável como “a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e no projeto com princípios ecológicos” (TORGAL; JALALI, 2010).

Nos últimos anos foram desenvolvidos sistemas de certificação ambiental em diversos países para analisar e certificar a sustentabilidade das construções, definindo critérios que norteiam profissionais da área e comprovam o cumprimento das exigências e normas vigentes (MATOS, 2014).

Deste forma, todo o planejamento das obras foi regido pelos princípios definidos pela NBR ISO 20.1212: 2012 para Sistemas de Gestão de Sustentabilidade em Eventos. O Comitê Organizador das olimpíadas obteve, em 27 de Janeiro de 2016, o reconhecimento internacional de seus esforços para promover os jogos de maneira sustentável e com um legado positivo pela System & Services Certification (SGS), que entregou o certificado ISO 20121.

Este certificado reconhece que todas as instalações construídas adotaram elevados padrões de sustentabilidade, através de metas baseadas nos padrões de certificação mais reconhecidos internacionalmente, adaptados à regionalidade e ao caráter de cada instalação (COMITÊ RIO 2016, 2016).

Umas das principais críticas recebidas pela organização dos Jogos refere-se ao fato de que as olimpíadas foram consideradas benéficas para poucos segmentos econômicos e sociais da cidade-sede, e a infraestrutura gerada não trouxe benefícios às localidades realmente precárias e carentes do Rio de Janeiro (PRONI, 2009).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora, à CAPES/CNPQ e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Fernando. **Os Desafios da Sustentabilidade – uma Ruptura Urgente.** 7ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 280 p.

APO – Autoridade Pública Olímpica. **Vila dos Atletas.** 2016. Disponível em: <http://www.apo.gov.br/index.php/home/transparencia/instalacoes/zona-barra-da-tijuca/vila-dos-atletas/>. Acesso em: 25 set. 2016.

CARVALHO HOSKEN; ODEBRECHT. **Folder do empreendimento Ilha Pura**. Rio de Janeiro, [s.d.]. Disponível em: < http://www.carvalhohosken.com.br/ilha-pura-0>. Acesso em: 27 set. 2016.

COMITÊ ORGANIZADOR DOS JOGOS OLÍMPICOS E PARALÍMPICOS RIO 2016 (COMITE RIO 2016). **Plano de Gestão de Sustentabilidade dos Jogos Rio 2016™ - versão 1.** Rio de Janeiro: Departamento de Comunicação, 2013. 106 p.

COMITÊ ORGANIZADOR DOS JOGOS OLÍMPICOS E PARALÍMPICOS RIO 2016 (COMITE RIO 2016). **Estratégia de Sustentabilidade (PGS - Versão Final).** Rio de Janeiro: Departamento de Comunicação, 2016. 165 p.

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável – Desenho Urbano com a Natureza**. Rio Grande do Sul: Brookman, 2013. 348 p. Tradução de: Alexandre Salvaterra.

FERNANDEZ, Fernando A. S. **O Poema Imperfeito: Crônicas de Biologia, Conservação da Natureza, e seus Heróis.** 2ª ed. Curitiba: Editora Universidade Federal do Paraná, 2011. 265 p.

JOGOS OLÍMPICOS BRASIL 2016 - PORTAL OFICIAL DO GOVERNO FEDERAL SOBRE OS JOGOS OLÍMPICOS E PARALÍMPICOS 2016. **Vila Olímpica – Onde as estrelas se encontram.** 2016. Disponível em: <http://www.brasil2016.gov.br/pt-br/olimpiadas/instalacoes/vila-olimpica>. Acesso em: 26 set. 2016.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de Projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010. 362 p.

MATOS, Bruna F. de Castro. **Construção sustentável: panorama nacional da certificação ambiental**. Juiz de Fora, 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Juiz de Fora. 121 p.

PROCEL INFO. **Eficiência e Sustentabilidade nas Edificações na Rio 2016.** Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética, 2016. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B8D1AC2E8-F790-4B7E-8DDD-CAF4CDD2BC34%7D&Team=&params=itemID=%7B3434016E-0BA3-4FEC-8770-073264C3D1CC%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>. Acesso em: 24 set. 2016.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **EcoDistricts – cidades sustentáveis partindo dos bairros.** 2013. Disponível em: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/ecodistricts-cidades-sustentaveis-partindo-dos-bairros>. Acesso em: 25 set. 2016.

PRONI, Marcelo Weishaupt. **Observações sobre os impactos econômicos esperados dos jogos olímpicos 2016.** Montrevivência. Universidade Estadual de Campinas: 2009. 22 p.

SECOVI, Sindicato da Habitação. **Ilha Pura: um novo bairro totalmente sustentável na Barra.** 2014. Disponível em: <http://www.secovi.com.br/noticias/ilha-pura-um-novo-bairro-totalmente-sustentavel-na-barra/8388/>. Acesso em: 28 set. 2016

SIEBERT, Claudia. **Resiliência Urbana: Planejando as Cidades para Conviver com Fenômenos Climáticos Extremos**. VI Encontro Nacional da Anppas, Belém, 2012. 17 p.

TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. **A Sustentabilidade dos Materiais de Construção.** 2ª ed. Coimbra: TecMinho, 2010.

311. RETENÇÃO E QUALIDADE DO VOLUME DE ESCOAMENTO DAS COBERTURAS VERDES: VARIAÇÕES DE DESEMPENHO

MONTANARI, Ketlin B.[1](kmontanari@gmail.com); LABAKI, Lucila C.[1](llabaki@gmail.com)*
[1]Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
As coberturas verdes em edificações influenciam diferentes aspectos da sustentabilidade. Uma parte considerável do interesse de pesquisas sobre coberturas verdes se direciona aos aspectos de retenção e qualidade de águas pluviais, cuja relevância como técnica de *low impact development* (LID) é destacável. No entanto, variações de desempenho ocorrem conforme a composição do sistema, resultando na insuficiência da função esperada. Este artigo tem o objetivo de apresentar de forma crítica e sistêmica uma revisão de literatura científica recente, nacional e internacional, a respeito das variações de desempenho que a cobertura verde pode apresentar na redução e qualidade do volume de escoamento. Entre os aspectos que influenciam no desempenho destes dois fatores destacam-se a composição do substrato, espessura, tipo de vegetação, inclinação da cobertura e características climáticas do local. Este último é determinante no desempenho dos outros aspectos por apresentar volume/frequência de eventos de chuva, temperaturas e umidade relativa do ar. Outra característica significativa é a influência de determinados aspectos sobre outros, sendo, desta forma, imprescindível que a definição de cada aspecto seja resultado de uma avaliação holística para otimizar a funcionalidade do sistema e integração deste com a infraestrutura urbana, que pode complementar sua funcionalidade.
Palavras-chave: Cobertura verde; retenção de água pluvial; volume de escoamento; qualidade do escoamento; gestão de água pluvial.

RETENTION AND QUALITY OF RUNOFF FROM GREEN ROOFS: PERFORMANCE VARIATIONS

ABSTRACT
The green roofs in buildings influence different aspects of sustainability. A considerable part of the researches' interest about green roofs is directed to the runoff retention and quality aspects, which relevance as a low impact development (LID) technique is remarkable. However, performance variations happen according to the system's composition, resulting in insufficiency of the expected function. This article aims to present in a critical, systemic way, a literature review of recent national and international literature about the performance variations that a green roof may present in the runoff retention and its quality. Among the aspects that influence the performance of these two factors, the substrate composition and depth, type of vegetation, roof slope and local climate conditions, are highlighted. The last one is decisive in the performance of other aspects for showing volume/frequency of rainwater events, temperatures and relative humidity. Another significant feature is the influence that certain aspects have upon others, hence the definition of each aspect must be the result of a holistic evaluation to optimize the system's functionality and integration with the urban infrastructure, which can complement its functionality.
Keywords: Green roof; rainwater retention; runoff volume; runoff quality; rainwater management.

1. INTRODUÇÃO

As infraestruturas verdes são um instrumento significativo no desenvolvimento sustentável das cidades, com impacto em escala urbana e da edificação. Trata-se de alternativas à infraestrutura comum de transporte de escoamento, para redução dos impactos da rápida urbanização (PREGNOLATO et al., 2016).

O LID (*low impact development*) compreende tecnologias de infraestrutura verde para gestão de águas pluviais que reduzam o impacto da urbanização nos processos hidrológicos. A influência das técnicas de LID é considerável principalmente em áreas urbanas densas, com pouca permeabilidade de solo (SCHMITTER et al., 2016). Estas áreas são muito vulneráveis a enxurradas quando há grandes precipitações, por não permitirem infiltração da água, aumentando o volume de água na infraestrutura de transporte de escoamento para além da capacidade máxima.

O investimento em gestão urbana de risco de inundação costuma obter um custo-benefício muito maior do que investimentos em infraestrutura de transporte de escoamento (PREGNOLATO et al., 2016). A gestão, segundo os autores, consiste em uma série de estratégias que visam à melhoria da resiliência urbana à inundação, como as SUDS (*sustainable urban drainage systems*), que utilizam processos naturais para aumentar a retenção e infiltração da água.

As coberturas verdes constituem-se em uma estratégia de LID e de SUDS que auxilia tanto na retenção de água, quanto na retenção de poluição urbana difusa que provêm de veículos, indústrias, etc. (SPEAK et al., 2014). Elas podem ser intensivas ou extensivas (espessura maior ou menor que 20 cm); sua composição possui basicamente as camadas de vegetação, crescimento, drenagem e membrana impermeável, podendo ter outras camadas; seus benefícios ambientais se estendem desde o conforto térmico urbano (redução de ilhas de calor urbanas) e da edificação até aspectos como qualidade do ar, economia de energia, biodiversidade, entre outros (BERARDI; GHAFFARIANHOSEINI; GHAFFARIANHOSEINI, 2014).

As ilhas de calor urbanas resultam das propriedades térmicas das superfícies e da falta de evapotranspiração das áreas urbanas, o que justifica a importância do resgate das áreas verdes na paisagem urbana: a vegetação é o elemento-chave na solução deste problema, fazendo parte da criação de um novo estilo de vida urbano (WONG et al., 2010).

Apesar de seus múltiplos benefícios ambientais já conhecidos no meio científico, a questão da composição ideal do sistema é de grande complexidade, envolvendo muitas variáveis. A inadequação desta composição pode resultar na insuficiência das funções esperadas (KOK et al., 2016). Dependendo de diversos fatores, seu impacto na redução do volume de escoamento ou na melhoria da qualidade deste, por exemplo, pode ser positivo ou negativo (HARPER et al., 2015).

Este artigo tem o objetivo de apresentar de forma crítica e sistêmica uma revisão de literatura científica recente, nacional e internacional, a respeito das variações de desempenho que a cobertura verde pode apresentar. A maioria dos artigos considerados na revisão são de 2014, 2015 e 2016, constando de pesquisas publicadas até a data de agosto de 2016 e não havendo artigos anteriores a 2010. Ao todo, 102 artigos foram analisados e, destes, 46 foram citados nesta pesquisa. Para tal, a pesquisa se estruturou em dois grandes tópicos: a retenção do volume de escoamento e a qualidade do mesmo, que foram considerados aspectos-chave para apresentação das variações de desempenho. Em seguida, o material resultante desta investigação bibliográfica foi analisado criticamente como um todo nas discussões, através de cruzamento de dados e apresentação de diretrizes possíveis de acordo com o conhecimento científico atual.

2. RETENÇÃO DE ÁGUA

A capacidade de retenção de água de uma cobertura verde é influenciada, de acordo com Hakimdavar et al. (2016), pela precipitação pluviométrica local, umidade do substrato e a capacidade máxima de retenção de água do substrato. Diversos aspectos estão relacionados a cada um destes tópicos, como a transpiração do substrato, evapotranspiração, espessura e composição do substrato e da camada de drenagem, tipo de vegetação, entre outros apresentados a seguir.

A composição do substrato deve envolver minimamente constituintes orgânicos e ser principalmente formada por materiais inorgânicos, como perlita, vermiculita, areia e tijolo moído, o que objetiva obter um substrato de baixa densidade, com o mínimo de nutrientes e estável (VIJAYARAGHAVAN; JOSHI, 2015).

Alguns autores consideram limitada a capacidade de absorção de água desta composição e exploram diferentes materiais, que possam otimizar o desempenho da absorção de água no substrato, conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1. Desempenho de absorção dos materiais

Material	Desempenho de absorção	Referências
Turbinaria conoides (alga marinha)	Positivo	Vijayaraghavan; Joshi (2015)
Biochar (biomassa carbonizada)	Positivo (40% de biochar no substrato: 74% de redução no escoamento)	Cao et al. (2014)
	Positivo, porém com variações de desempenho entre experimentos interno e externo (externo mais eficiente, interno não eficiente). Requer mais estudos.	Kuoppamäki et al. (2016)

A espessura do substrato é uma variável de impacto questionável, com diferentes resultados nos artigos pesquisados. Segundo Lee; Lee; Han (2015), a maior espessura do substrato é proporcional à sua maior capacidade de retenção de água. De acordo com Chui; Liu; Zhan (2016), é mais rentável financeiramente ampliar a espessura do substrato, ampliando a capacidade de retenção, do que ampliar a área de cobertura verde. Elliott et al. (2016) encontraram maior variação sazonal na retenção de uma cobertura verde de espessura 3 cm, em Nova York, comparando com uma cobertura de 10 cm que não apresentou variações significativas conforme a estação do ano.

Em contrapartida, o experimento de Versini et al. (2015) demonstrou o mesmo desempenho de substratos de 3 e 15 cm de espessura em eventos de alta precipitação, com o mesmo volume de escoamento e pico de descarga deste. Houve diferença apenas com eventos de menor precipitação, em que o substrato mais espesso produziu menor escoamento.

A irrigação da cobertura verde influencia negativamente a capacidade de retenção de água pluvial, por aumentar a umidade do substrato (VOLDER; DVORAK, 2014). Quanto menor a umidade do substrato antes de um evento de chuva, maior a capacidade de retenção de água e atraso na liberação do escoamento (LEE; LEE; HAN, 2015; SCHMITTER et al., 2016; VOLDER; DVORAK, 2014). Em climas quentes e secos com chuvas mais escassas, o interesse maior está em manter a umidade do solo para que as plantas possam sobreviver a longos períodos sem chuva ou irrigação; este objetivo é alcançado, segundo Volder; Dvorak (2014), com maior densidade de plantas, o que diminui a radiação e aquecimento do solo e aumenta a camada de ar acima do solo, reduzindo a evaporação.

A evapotranspiração nas coberturas verdes é considerada, nos estudos analisados, como a transpiração tanto das plantas, como do solo. A influência das plantas pode representar de 20% a

48% da perda total de água por evaporação, dependendo do tipo de planta, estação do ano e disponibilidade de água (VOYDE; FASSMAN; SIMCOCK, 2010).
De acordo com o experimento de Wong; Jim (2015) realizado em Hong Kong, a evapotranspiração é elevada principalmente através da radiação solar e velocidade dos ventos. Entretanto, outros estudos não citaram especificamente a velocidade dos ventos como fator influenciador, e sim condições climáticas.
A drenagem da cobertura verde é um fator que afeta a evapotranspiração, por reduzir a umidade do substrato. De acordo com um experimento realizado por Zaremba; Traver; Wadzuk (2016) na Pensilvânia, Estados Unidos, a evapotranspiração é significativamente maior sem drenagem: houve redução do escoamento na cobertura verde não drenada em relação à drenada. Poe; Stovin; Berreta (2015) também constataram que a evapotranspiração é maior quando a umidade do substrato é alta, e consideraram como influências-chave para a evapotranspiração a umidade antecedente do substrato e o clima (temperaturas mais altas). A influência da composição do substrato e o tratamento da vegetação também são significativas.
Quanto menor a inclinação da cobertura, maior a retenção de água (MORUZZI; MOURA; BARBASSA, 2014), o que influencia também na evapotranspiração.
A escolha da vegetação influencia no desempenho da retenção de água, conforme tabela 2.

Tabela 2. Influência do tipo de vegetação no desempenho da retenção de água

Tipo de vegetação	Comportamento	Consequência	Referências-chave
Folhagem densa	Previne a evaporação de água presente no substrato, mantendo sua umidade*	Redução da quantidade de água que pode ser retida em eventos de chuva subsequentes	Berreta; Poë; Stovin (2014); Lundholm et al. (2010); Whittinghill et al. (2014)
	Intercepta a água pluvial antes que esta alcance o substrato	Menor volume de escoamento	Berreta; Poë; Stovin (2014); Nagase; Dunnett (2012)
Folhagem mais esparsa (espécies de pradaria)	Não cobre totalmente o substrato, o que permite maior evaporação da água do substrato	Menor volume de escoamento	Whittinghill et al. (2014)
Diversidade de espécies (3 espécies diferentes)	Complementação subterrânea entre espécies (não comprovado)	Retenção maior de água em comparação com monoculturas	Lundholm et al. (2010)

**característica desejável em climas quentes e secos (VOLDER; DVORAK, 2014).*

Na comparação de uma cobertura verde comum extensiva e uma cobertura idêntica sem a vegetação, apenas com o substrato, a retenção de água da cobertura vegetada é maior, de acordo com Beecham; Razzaghmanesh (2015). O estudo apresentou uma média de 73% de retenção em coberturas vegetadas e 48% em coberturas não vegetadas.
Comparando uma cobertura verde extensiva com um telhado comum de fibrocimento, o volume de escoamento alcança uma redução média de 62%, de acordo com experimento de Tassi et al. (2014) realizado em Santa Maria, Brasil, por 17 meses. As variáveis observadas que afetaram o desempenho foram as condições climáticas e umidade antecedente do substrato.
As coberturas verdes retêm menos água do que pavimentações permeáveis, de acordo com Jato-Espino et al. (2016) e Chui; Liu; Zhan (2016). Entre as duas práticas de LID, a mais rentável financeiramente é a pavimentação permeável, sendo a estratégia mais indicada em locais onde a gestão de águas pluviais seja o principal objetivo (CHUI; LIU; ZHAN, 2016).
Um estudo de simulação de Masseroni; Cislaghi (2016) para a bacia de Seveso, região de urbanização densa no norte da Itália, estimou que o atraso do escoamento aumentaria em 30% e a redução do escoamento seria de 35%, considerando que 100% das coberturas tivessem esse

recurso. Em outro estudo resultante de simulação feito por Pregnolato et al. (2016) em Newcastle, Reino Unido, estimou-se que coberturas verdes poderiam reduzir o volume de escoamento da cidade em até 22%, considerando 100% das coberturas com este recurso. Como esta não é uma opção realista em uma cidade já estabelecida, principalmente por questões de custo, os autores comentam que a infraestrutura verde urbana também é uma alternativa que além de reduzir o risco de inundações, proporciona bem-estar, biodiversidade e efeito de resfriamento.
Walsh et al. (2016) afirmam que coberturas verdes, jardins de chuva e espaços verdes em geral têm importância na biodiversidade, no aspecto de conectividade de habitats. Um aspecto destacado no estudo é o de fornecimento de água para irrigação das demais áreas vegetadas, o que também é citado por outros artigos como possível uso do escoamento.
Pelas questões apresentadas sobre o impacto da cobertura verde, a maioria dos autores comenta sobre a importância da combinação das coberturas verdes com outras estratégias de infraestrutura verde, de LID ou de SUDS (LIU; BRALTS; ENGEL, 2015; NAWAZ; MCDONALD; POSTOYKO, 2015; SCHMITTER et al., 2016; VERSINI et al., 2016), tanto para quantidade quanto para a qualidade do escoamento. Alguns autores comentam o fato de as coberturas verdes não serem uma solução completa para o escoamento urbano, por não proporcionarem infiltração de água no solo, apesar de seus benefícios ambientais contribuírem de outras formas (NAWAZ; MCDONALD; POSTOYKO, 2015).

3. QUALIDADE DA ÁGUA

Na análise da qualidade da água do escoamento, três aspectos são considerados: poluição por metais, poluição por nutrientes e alcalinidade, sendo algumas vezes citada também a quantidade de sólidos suspensos.
A melhoria da qualidade da água pelas coberturas verdes é um assunto controverso. Muitos experimentos comprovaram a eficácia de coberturas verdes em filtrar metais presentes nas águas pluviais (MACAVOY et al., 2016; VIJAYARAGHAVAN; JOSHI, 2014; VIJAYARAGHAVAN; RAJA, 2014; ZHANG et al., 2015) e neutralizar o pH (KOK et al., 2016; VIJAYARAGHAVAN; JOSHI, 2014; VIJAYARAGHAVAN; RAJA, 2014; ZHANG et al., 2015). No entanto, a cobertura verde também pode ser fonte de nutrientes ou até mesmo metais, de forma moderada ou considerável, dependendo de sua composição.
Alguns autores comentam sobre ineficácia a longo prazo e ineficiência na filtragem de metais, conforme alguns aspectos da cobertura verde, descritos na tabela 3. A poluição maior do escoamento se encontra em fases iniciais, sendo que em fases avançadas esta pode depender da variável da poluição atmosférica.
Os nutrientes liberados no escoamento, caso sejam excessivos, aumentam o risco de eutrofização nos rios e lagos (HARPER et al., 2015). Entre os nutrientes que podem causar eutrofização, destacam-se o fósforo/fosfato e o nitrogênio (HARPER et al., 2015; KARCZMARCZYK; BARYŁA; BUS, 2014; MALCOLM et al., 2014). Para prevenir a liberação destes pelo escoamento, deve-se fazer a gestão de nutrientes, utilizando o mínimo necessário (CLARK; ZHENG, 2014; WHITTINGHILL et al., 2016).

Tabela 3. Liberação de metais da cobertura verde ao longo do seu ciclo de vida

Liberação de metais	Fator determinante	Referências
Retenção de metais estável a longo prazo	- (não houve variação entre espessuras de 6 e 16 cm)	Seidl et al. (2013)
Acúmulo de metais coletados começa a ser liberado anos após instalação (cobertura verde intensiva)	Poluição atmosférica local	Speak et al. (2014)
Aumenta quanto maior for a espessura do substrato	Quantidade de solo que acumula e libera poluentes (não comprovado)	Razzaghmanesh; Beecham; Kazemi (2014)
Poluição inicial é maior, com redução gradual	-	Vijayaraghavan; Joshi (2015); MacAvoy et al. (2016)
Poluição inicial é maior, com redução gradual	- (não houve variação conforme temperatura)	Buffam; Mitchell; Durtsche (2016);

Uma variável notável na qualidade da água do escoamento é a temperatura, observada por Buffam; Mitchell; Durtsche (2016). O escoamento apresentou quantidade de elementos bioativos como fósforo, cálcio, carbono e nitrogênio significativamente maior no verão, em relação ao inverno, com alguns elementos tendo sua quantidade até 4 vezes maior. Segundo os autores, isto sugere que dinâmicas internas da cobertura verde são influenciadas pela temperatura e que isto pode influenciar mais na qualidade do que a absorção das plantas. As variações sazonais do local estudado são altas, com temperatura máxima de 4°C no inverno e 31°C no verão. Conforme Bueno et al. (2012), há variações no metabolismo das plantas conforme a temperatura. Sendo assim, a variação de desempenho encontrada por Buffam; Mitchell; Durtsche pode estar mais relacionada à própria atividade metabólica da planta do que à mineralização microbial do conteúdo orgânico, como os autores sugerem.

As pesquisas que comparam o conteúdo do volume de escoamento de coberturas verdes com o de coberturas comuns ou de substrato sem vegetação, em geral apontam as coberturas verdes com desempenho superior; um exemplo é a conclusão de Beecham; Razzaghmanesh (2015) sobre a comparação de coberturas verdes com coberturas que possuem apenas substrato sem vegetação. Segundo Seidl et al. (2013), em seu estudo que comparou o conteúdo do volume de escoamento de uma cobertura verde e de uma cobertura sem vegetação nem substrato, a cobertura verde concentrou mais fosfato, carbono e nitrogênio, mas a quantidade de metais foi menor especialmente em substratos de maior espessura.

Da mesma forma que há estudos sobre materiais que possam otimizar a retenção de água das coberturas verdes, há também estudos sobre a capacidade de retenção de poluentes de diferentes materiais (tabela 4). Por vezes, os mesmos estudos avaliam ambas características a respeito de um material.

A respeito do volume de precipitação, MacAvoy et al. (2016) observaram que este não interfere na quantidade de nutrientes e sólidos suspensos presente no volume de escoamento. Buffam; Mitchell; Durtsche (2016) afirmaram que a concentração de alguns elementos tende a ser menor durante eventos de chuva mais longos, principalmente se acontecerem após período seco, mas que, mesmo assim, a diferença não é significativa.

A respeito da alcalinidade, todas as pesquisas investigadas apresentaram resultados similares, tendo demonstrado a capacidade da cobertura verde em neutralizar o pH significativamente, através da diminuição da acidez. O benefício ambiental desta característica é significativo, principalmente em cidades de expressiva atividade industrial (VIJAYARAGHAVAN; JOSHI, 2015). O pH é mais ácido apenas quando se trata de escoamento proveniente de práticas de agricultura urbana (WHITTINGHILL et al., 2016).

Tabela 4. Desempenho de diferentes materiais na qualidade do escoamento da cobertura verde

Material	Desempenho	Referências
Biochar (biomassa carbonizada)	Grandes variações de desempenho na retenção de nutrientes conforme o tipo de biochar (requer estudos futuros)	Kuoppamäki et al. (2016)
Espuma de polietileno	Redução de sólidos suspensos; leve aumento na quantidade de nitrato (espuma na base do substrato)	MacAvoy et al. (2016)
Concreto aerado autoclavado (AAC) decorrente de demolição	Retém fósforo; libera outras substâncias, incluindo metais (AAC na camada de drenagem)	Karczmarczyk; Baryla; Bus (2014)
Tipos de pedra	Podem ser fontes de metais pesados	Alsup; Ebbs; Retzlaff (2010)
Vegetação	Podem influenciar positivamente ou negativamente na liberação de metais	Alsup; Ebbs; Retzlaff (2010)

Todos os artigos analisados constataram que o escoamento tem grandes limitações para uso como água potável sem tratamento complementar. Por isso, alguns autores concluem seus artigos com recomendações de que essa água seja utilizada para irrigação de demais jardins ou para reuso em vaso sanitário[8].

Não foram encontrados estudos sobre a adequação da água de escoamento das práticas de agricultura urbana em coberturas de edificações para irrigação. Isto seria uma informação relevante pela quantidade de metais e nutrientes destas práticas ser mais alta do que de uma cobertura verde comum (WHITTINGHILL et al., 2016).

A maioria dos autores não considera a qualidade limitada do escoamento um problema, por conta das alternativas de uso, embora alguns autores concluam seus estudos sugerindo a busca por um sistema de cobertura verde cujos nutrientes não se desprendam do substrato para o escoamento (HARPER et al., 2015) ou que não se desprendam em excesso (MALCOLM et al., 2014). Outros autores citam a importância da quantidade reduzida de nutrientes para tornar a cobertura verde estável nesse sentido (CLARK; ZHENG, 2014; VIJAYARAGHAVAN; JOSHI, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao considerar o uso das coberturas verdes para auxiliar na retenção ou melhoria da qualidade do escoamento, estes aspectos não devem ser observados isoladamente, devido aos inúmeros benefícios ambientais que elas podem proporcionar (BERARDI; GHAFFARIANHOSEINI; GHAFFARIANHOSEINI, 2014). Da mesma forma, as coberturas verdes não podem ser tratadas como uma solução completa para ambas as funções citadas (NAWAZ; MCDONALD; POSTOYKO, 2015), devendo a infraestrutura verde urbana ser considerada em conjunto com elas (LIU; BRALTS; ENGEL, 2015; NAWAZ; MCDONALD; POSTOYKO, 2015; SCHMITTER et al., 2016; VERSINI et al., 2016). Isto de certa forma mimetiza o funcionamento do próprio ecossistema, em que múltiplos componentes contribuem com uma função vital, tendo o sistema mais valor do que a soma das partes.

O aumento da implantação de coberturas verdes nas cidades pode trazer benefícios positivos e negativos (HARPER et al., 2015), que devem ser previstos para que haja normas de implantação, principalmente no que envolve o escoamento. O reuso das águas de escoamento e mesmo seu descarte devem ser cautelosos e deve-se observar não só a questão de uso antrópico das águas

[8] Sobre o reuso do escoamento, os estudos de Razzaghmanesh; Beecham; Kazemi (2014) e Beecham; Razzaghmanesh (2015) classificaram o escoamento conforme normas de qualidade de água, com resultados positivos para reuso com irrigação e vaso sanitário.

pluviais, mas também seu impacto no ecossistema. Mais estudos sobre a adequação do uso desta água para irrigação seriam relevantes, diante das variações de concentração de nutrientes conforme características da cobertura. Há necessidade de constatar se há influência negativa na saúde das plantas a serem irrigadas conforme o conteúdo do escoamento. Deve-se certificar também que as águas de descarte e de reuso em vaso sanitário sejam tratadas antes de chegar aos córregos a céu aberto, para evitar a eutrofização e seus consequentes problemas ambientais.
O impacto das coberturas verdes nos aspectos estudados pode não ser tão significativo quanto o conforto térmico urbano ou outros benefícios que elas podem proporcionar, dependendo do local (SEIDL et al., 2013). Por isso, deve-se observar as peculiaridades de cada situação, avaliando a necessidade específica de determinada região ou edificação. Se a água para uso antrópico é um item escasso, maior atenção à qualidade e ao tratamento do volume de escoamento deve ser dada. Se a região não for suscetível a enxurradas, aspectos como o conforto térmico podem ser valorizados em detrimento da retenção da água, caso haja conflito entre as características ideais da cobertura verde para retenção de água e conforto térmico.
Além disso, outros benefícios das coberturas verdes que influenciam na qualidade ambiental devem ser observados para que proporcionem desempenho satisfatório. A maior espessura do substrato influencia positivamente na porcentagem de retenção de água pluvial (LEE; LEE; HAN, 2015), enquanto que espessuras maiores não são adequadas a regiões em que a perda de calor pela edificação no período da noite é essencial ao conforto térmico. Desta forma, pode-se aumentar a necessidade de resfriamento ativo, o que não é desejável do ponto de vista ambiental.
Deve-se considerar que a integração das coberturas verdes com a infraestrutura urbana pode complementar sua funcionalidade não só nos aspectos de retenção e qualidade da água pluvial, mas também nas funções de biodiversidade, redução de ilhas de calor urbanas (PREGNOLATO et al., 2016), entre outros benefícios.

5. CONCLUSÃO

Os benefícios ambientais das coberturas verdes ainda são um assunto recente na comunidade científica, principalmente no que tange o desempenho de retenção e qualidade do volume de escoamento. Através desta investigação bibliográfica, tornou-se evidente a necessidade de mais estudos sobre determinados aspectos, para melhor definição de suas influências.
Uma das lacunas é a respeito de materiais que possam reduzir a retenção de água e liberação de nutrientes. A quantidade de estudos sobre os materiais pesquisados ainda não é suficiente para determinar sua real influência na retenção e qualidade do escoamento, e o fato de não haver consenso entre estudos sobre seu desempenho também influencia na inconsistência dos resultados. Por isso, mais estudos são necessários a respeito destes e de novos materiais, em diferentes partes do globo, pela disponibilidade diferenciada destes conforme a região.
A comparação entre resultados de diferentes estudos muitas vezes não é possível, devido aos aspectos climáticos dos locais de estudo serem muito distintos e isso resultar em variações de desempenho de diferentes elementos ou dinâmicas pertencentes à cobertura verde. Sendo assim, este é mais um motivo para a necessidade de múltiplos estudos em diferentes partes do globo.
A questão da regionalidade deve ser levada em conta na especificação de características de projetos de coberturas verdes. No caso de utilizar cálculos ou parâmetros pré-definidos, estes devem considerar as características climáticas do local aonde a cobertura verde será inserida e as necessidades específicas de determinada edificação ou região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSUP, S.; EBBS, S.; RETZLAFF, W. The exchangeability and leachability of metals from select green roof growth substrates. **Urban Ecosystems**, v. 13, n. 1, p. 91–111, 1 mar. 2010.

BEECHAM, S.; RAZZAGHMANESH, M. Water quality and quantity investigation of green roofs in a dry climate. **Water Research**, v. 70, p. 370–384, 1 mar. 2015.

BERARDI, U.; GHAFFARIANHOSEINI, A.; GHAFFARIANHOSEINI, A. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. **Applied Energy**, v. 115, p. 411–428, 15 fev. 2014.

BERRETTA, C.; POË, S.; STOVIN, V. Moisture content behaviour in extensive green roofs during dry periods: the influence of vegetation and substrate characteristics. **Journal of Hydrology**, v. 511, p. 374–386, 16 abr. 2014.

BUENO, A. C. R. et al. Daily temperature amplitude affects the vegetative growth and carbon metabolism of orange trees in a rootstock-dependent manner. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 31, n. 3, p. 309–319, 1 set. 2012.

BUFFAM, I.; MITCHELL, M. E.; DURTSCHE, R. D. Environmental drivers of seasonal variation in green roof runoff water quality. **Ecological Engineering**, v. 91, p. 506–514, jun. 2016.

CAO, C. T. N. et al. Biochar makes green roof substrates lighter and improves water supply to plants. **Ecological Engineering**, v. 71, p. 368–374, out. 2014.

CHUI, T. F. M.; LIU, X.; ZHAN, W. Assessing cost-effectiveness of specific LID practice designs in response to large storm events. **Journal of Hydrology**, v. 533, p. 353–364, fev. 2016.

CLARK, M. J.; ZHENG, Y. Fertilizer rate and type affect sedum-vegetated green roof mat plant performance and leachate nutrient content. **HortScience**, v. 49, n. 3, p. 328–335, 3 jan. 2014.

ELLIOTT, R. M. et al. Green roof seasonal variation: comparison of the hydrologic behavior of a thick and a thin extensive system in New York City. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 7, p. 074020, 2016.

HAKIMDAVAR, R. et al. The soil water apportioning method (SWAM): an approach for long-term, low-cost monitoring of green roof hydrologic performance. **Ecological Engineering**, v. 93, p. 207–220, ago. 2016.

HARPER, G. E. et al. Nine-month evaluation of runoff quality and quantity from an experiential green roof in Missouri, USA. **Ecological Engineering**, The 13th Annual Conference of the American Ecological Engineering Society: Ecological Engineering and the Dawn of the 21st Century. v. 78, p. 127–133, maio 2015.

JATO-ESPINO, D. et al. Rainfall–runoff simulations to assess the potential of SuDS for mitigating flooding in highly urbanized catchments. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 1, p. 149, 21 jan. 2016.

KARCZMARCZYK, A.; BARYŁA, A.; BUS, A. Effect of P-reactive drainage aggregates on green roof runoff quality. **Water**, v. 6, n. 9, p. 2575–2589, 27 ago. 2014.

KOK, K. H. et al. Evaluation of green roof performances for urban stormwater quantity and quality controls. **International Journal of River Basin Management**, v. 14, n. 1, p. 1–7, 2 jan. 2016.

KUOPPAMÄKI, K. et al. Biochar amendment in the green roof substrate affects runoff quality and quantity. **Ecological Engineering**, v. 88, p. 1–9, mar. 2016.

LEE, J. Y.; LEE, M. J.; HAN, M. A pilot study to evaluate runoff quantity from green roofs. **Journal of Environmental Management**, v. 152, p. 171–176, 1 abr. 2015.

LIU, Y.; BRALTS, V. F.; ENGEL, B. A. Evaluating the effectiveness of management practices on hydrology and water quality at watershed scale with a rainfall-runoff model. **Science of The Total Environment**, v. 511, p. 298–308, 1 abr. 2015.

LUNDHOLM, J. et al. Plant species and functional group combinations affect green roof ecosystem functions. **PLOS ONE**, v. 5, n. 3, p. e9677, 12 mar. 2010.

MACAVOY, S. E. et al. Effectiveness of foam-based green surfaces in reducing nitrogen and suspended solids in an urban installation. **Ecological Engineering**, v. 91, p. 257–264, 2016.

MALCOLM, E. G. et al. Measurements of nutrients and mercury in green roof and gravel roof runoff. **Ecological Engineering**, v. 73, p. 705–712, dez. 2014.

MASSERONI, D.; CISLAGHI, A. Green roof benefits for reducing flood risk at the catchment scale. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 7, p. 579, 1 abr. 2016.

MORUZZI, R. B.; MOURA, C. C. DE; BARBASSA, A. P. Avaliação do efeito da inclinação e umidade antecedente na qualidade e quantidade das parcelas escoadas, percoladas e armazenadas em telhado verde extensivo. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 3, p. 59–73, set. 2014.

NAGASE, A.; DUNNETT, N. Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. **Landscape and Urban Planning**, v. 104, n. 3–4, p. 356–363, 15 mar. 2012.

NAWAZ, R.; MCDONALD, A.; POSTOYKO, S. Hydrological performance of a full-scale extensive green roof located in a temperate climate. **Ecological Engineering**, v. 82, p. 66–80, set. 2015.

POE, S.; STOVIN, V.; BERRETTA, C. Parameters influencing the regeneration of a green roofs retention capacity via evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v. 523, p. 356–367, abr. 2015.

PREGNOLATO, M. et al. Assessing urban strategies for reducing the impacts of extreme weather on infrastructure networks. **Open Science**, v. 3, n. 5, p. 160023, 1 maio 2016.

RAZZAGHMANESH, M.; BEECHAM, S.; KAZEMI, F. Impact of green roofs on stormwater quality in a South Australian urban environment. **Science of The Total Environment**, v. 470–471, p. 651–659, 1 fev. 2014.

SCHMITTER, P. et al. Effect of catchment-scale green roof deployment on stormwater generation and reuse in a tropical city. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 142, n. 7, p. 05016002, 2016.

SEIDL, M. et al. Effect of substrate depth and rain-event history on the pollutant abatement of green roofs. **Environmental Pollution**, Selected Papers from Urban Environmental Pollution 2012. v. 183, p. 195–203, dez. 2013.

SPEAK, A. F. et al. Metal and nutrient dynamics on an aged intensive green roof. **Environmental Pollution**, v. 184, p. 33–43, jan. 2014.

TASSI, R. et al. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão de águas pluviais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 1, p. 139–154, mar. 2014.

VERSINI, P.-A. et al. Assessment of the hydrological impacts of green roof: from building scale to basin scale. **Journal of Hydrology**, v. 524, p. 562–575, maio 2015.

VERSINI, P.-A. et al. Use of green roofs to solve storm water issues at the basin scale: study in the Hauts-de-Seine County (France). **Urban Water Journal**, v. 13, n. 4, p. 372–381, 18 maio 2016.

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M. Can green roof act as a sink for contaminants? A methodological study to evaluate runoff quality from green roofs. **Environmental Pollution**, v. 194, p. 121–129, nov. 2014.

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M. Application of seaweed as substrate additive in green roofs: enhancement of water retention and sorption capacity. **Landscape and Urban Planning**, v. 143, p. 25–32, nov. 2015.

VIJAYARAGHAVAN, K.; RAJA, F. D. Design and development of green roof substrate to improve runoff water quality: plant growth experiments and adsorption. **Water Research**, v. 63, p. 94–101, 15 out. 2014.

VOLDER, A.; DVORAK, B. Event size, substrate water content and vegetation affect storm water retention efficiency of an un-irrigated extensive green roof system in Central Texas. **Sustainable Cities and Society**, v. 10, p. 59–64, fev. 2014.

VOYDE, E.; FASSMAN, E.; SIMCOCK, R. Hydrology of an extensive living roof under sub-tropical climate conditions in Auckland, New Zealand. **Journal of Hydrology**, v. 394, n. 3–4, p. 384–395, 26 nov. 2010.

WALSH, C. J. et al. Principles for urban stormwater management to protect stream ecosystems. **Freshwater Science**, v. 35, n. 1, p. 398–411, 5 jan. 2016.

WHITTINGHILL, L. J. et al. Comparison of stormwater runoff from sedum, native prairie, and vegetable producing green roofs. **Urban Ecosystems**, v. 18, n. 1, p. 13–29, 29 jun. 2014.

WHITTINGHILL, L. J. et al. Stormwater performance of a full scale rooftop farm: runoff water quality. **Ecological Engineering**, v. 91, p. 195–206, jun. 2016.

WONG, G. K. L.; JIM, C. Y. Identifying keystone meteorological factors of green-roof stormwater retention to inform design and planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 143, p. 173–182, nov. 2015.

WONG, N. H. et al. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. **Building and Environment**, v. 45, n. 3, p. 663–672, mar. 2010.

ZAREMBA, G. J.; TRAVER, R. G.; WADZUK, B. M. Impact of drainage on green roof evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 142, n. 7, p. 04016022, 2016.

ZHANG, Q. et al. The capacity of greening roof to reduce stormwater runoff and pollution. **Landscape and Urban Planning**, v. 144, p. 142–150, dez. 2015.

328. URBANISMO EMERGENTE DO GRUPO PERIFÉRICO DA FAU/UNB: UMA ANÁLISE DAS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE URBANA: SOCIAL, AMBIENTAL, CULTURAL E ECONÔMICA DE ALGUNS PROJETOS DE ESPAÇOS PÚBLICOS

ANDRADE, Liza Maria Souza[1](lizamsa@gmail.com); FERNANDES, Thalyta*[2] (thalhyf@gmail.com); BRAZ, Raquel[3] (raquelbrazlopes@gmail.com); MAGALDI, Natalia [3](nataliabmagaldi@gmail.com); PITA, Lara[3](larapitavieira@gmail.com)*

[1]FAU, UnB, Brasil

[2]CAU (UEMA), Brasil

[3] FAU, UnB, Brasil

**Liza Maria Souza de Andrade*

RESUMO

Este artigo tem com objetivo analisar os trabalhos de urbanismo emergente desenvolvidos pelo grupo Periférico da FAU/ÚnB sob a ótica das dimensões da sustentabilidade urbana, social, ambiental, econômica, cultural e afetiva da metodologia desenvolvida por Andrade e Lemos (2015). Este grupo, iniciado em 2013, com orientações de trabalhos finais de graduação no formato de extensão, procura trabalhar de forma participativa, com demandas reais de temas ainda marginais, ainda pouco abordados nos cursos de arquitetura (urbanismo periférico, circuito cultural, assentamentos e habitações sociais rurais, espaços socioprodutivos rurais, centros comunitários, parques urbanos, praças abandonas, vias e becos), articulando coletivos existentes envolvendo as comunidades no processo de elaboração de projetos de arquitetura e urbanismo. Está em processo de cadastramento como Projeto de Extensão de Ação Contínua – PEAC da UnB. A ideia de criar o grupo surgiu para atender uma grande demanda de projetos sociais que o escritório modelo de arquitetura e urbanismo – EMAU/CASAS da FAU/UnB - não consegue suprir e ao mesmo tempo permitir ao estudante ter contato com a realidade complexa. O processo de projeto é construído a partir de demandas reais das comunidades, passando pela análise do problema (identidade local, padrões espaciais e de acontecimento e princípios de sustentabilidade), sistematização de padrões para estabelecer uma linguagem com a comunidade, aumentando a sua participação no processo, na forma de códigos geradores, baseados em Alexander et al (1977) e em Andrade (2014), e, por fim, proposta de soluções a partir dos padrões identificados e selecionados. Pretende-se demonstrar a avaliação sob a ótica da sustentabilidade e da qualidade da forma urbana de três trabalhos realizados pelo grupo no âmbito dos espaços públicos, “Circuito Cultural e de Lazer em Valparaíso de Goiás”, “A Rua do Jovem do Varjão” no Distrito Federal e o “Manual de Táticas Urbanas Emergentes sob a perspectiva de gênero” no Plano Piloto.

Palavras-chave: Urbanismo Emergente, Participação, Espaços Públicos. Dimensões Sustentabilidade, Qualidade da Forma Urbana

THE EMERGENT URBANISM OF THE "PERIFÉRICO" [PERIPHERAL] GROUP OF THE ARCHITECTURE AND URBANISM COLLEGE OF THE UNIVERSITY OF BRASÍLIA (FAU / UNB): AN ANALYSIS OF THE DIMENSIONS OF URBAN SUSTAINABILITY: SOCIAL, ENVIRONMENTAL, CULTURAL AND ECONOMIC OF SOME PROJECTS OF PUBLIC SPACES

ABSTRACT
This article aims to analyze the emergent urbanism works developed by "Periférico" group of FAU/UnB under the perspective of the urban, social, environmental, economic, cultural and affective sustainability dimensions of the methodology developed by Andrade and Lemos (2015). This group, initiated in 2013, with final graduation guidelines in the extension format, seeks to work in a participative way, with real demands of marginal themes, still little discussed in the architecture courses (peripheral urbanism, cultural circuit, settlements and dwellings rural socio-productive spaces, community centers, urban parks, abandoned squares, roads and alleys), articulating existing collectives and involving communities in architecture and urbanism projects making.It's being registered as a "Projeto de Extensão de Ação Contínua – PEAC" [Continuous Action Extension Project] of the University of Brasília. The idea of creating the group came up to meet a large demand for social projects that the "Escritório Modelo de Arquitetura e Urbanismo - EMAU/CASAS" [Architecture and Urbanism Model Office] of FAU/UnB can not supply and at the same time allow the student to have contact with the complex reality. The project process is built on the real demands of the communities, through the analysis of the problem (local identity, spatial and event patterns and sustainability principles), systematization of standards to establish a language with the community, increasing its participation in the process, in the form of generator codes, based on Alexander et al (1977) and Andrade (2014), and, finally, proposed solutions from the identified and selected standards. The aim of this study is to demonstrate the evaluation under the perspective of the sustainability and urban form quality of three works carried out by the group in the public spaces, "Circuito Cultural e de Lazer em Valparaíso de Goiás", "Rua do Jovem do Varjão" in Distrito Federal and the "Manual de Táticas Urbanas Emergentes sob a perspectiva de gênero" in the Plano Piloto.
Keywords: Emergent urbanism, Participation, Public spaces, Dimensions of sustainability, Urban form quality.

1. INTRODUÇÃO

A disciplina de urbanismo sempre teve como vocação a transformação social, melhorar a qualidade de vida das populações mais necessitadas e reduzir as desigualdades sociais. Porém essa vocação política foi desaparecendo com o tempo a favor do capitalismo especulativo dominante, como o que ocorre hoje. Dessa forma, a participação é utilizada por parte dos poderes públicos para gerar consenso passivo nas domadas de decisão e para deslegitimar o conflito social. O urbanismo hoje (incluindo a arquitetura dos grandes edifícios no *masterplan*) atua com intervenções em grande escala, a fim de alcançar mudanças qualitativas num contexto urbano geral. Porém, acredita-se que a arquitetura da cidade tem uma estreita relação com o modo de vida das pessoas, que está relacionado com o poder político e econômico, com a vontade do coletivo, do social e do comum, com o público e a permanência no futuro.
Neste sentido, a criação de espaços para relações entre as pessoas deve propor horizontes conhecendo bem os problemas e estando consciente dos efeitos da arquitetura na realidade urbana.

Os projetos de intervenção urbana devem preconizar a valorização dos laços sociais e culturais existentes, a relação harmônica com a natureza e o emprego de tecnologias acessíveis.

Para enfrentar os desafios sociais e ambientais na visão de Montaner e Muxí (2013), algumas contribuições devem ser resgatadas como as tradições orgânicas e participativas do urbanismo, baseado na auto-ogranização de baixo para cima (*botton up*), as políticas de moradia popular, as novas políticas baseadas e nos transportes públicos, os edifícios públicos pensados para o aprendizado, o sociabilizar, a comunicação e expressão das pessoas, os espaços verdes, os eixos, os espaços de pedestres e ciclovias que fomentem a diversidade e as relações intersubjetivas. Considerando uma arquitetura ecológica e um urbanismo autenticamente participativo, é necessário pensar em 4 eixos de transformação: igualdade, diversidade, participação e sustentabilidade.

A igualdade talvez seja o mais importante porque abrange todos os eixos apontados. Perante a lei tem relação direta com os direitos humanos que preconizam os princípios de liberdade, igualdade, fraternidade e não discriminação. O Direito à Cidade, um dos textos básico de Henry Lefebvre, escrito em 1968, teorizou sobre as mudanças do território produzidas no século passado e novos direitos relacionados com a cidade moderna passam a ser reivindicados como a moradia, o bairro, a reinvindicação da vida cotidiana e a vontade de fazer parte e participar da cidade. Esta abordagem nos traz um canal de absorção de capital excedente ao longo da história, mais do que ter acesso aos recursos urbanos, o direito de mudar a percepção de nós mesmos sobre a cidade, para assim mudar a cidade (HARVEY, 2012).

O urbanismo igualitário, que trata a igualdade de oportunidade entre mulheres e homens, sem discriminação de gênero, sexo, cultura, língua e orientação sexual é um sub-eixo importante dentro da temática da igualdade. Na visão de Montaner e Muxí (2013), discriminação de gênero se expressa fortemente no urbanismo e na arquitetura, condições de conforto e segurança nos espaços públicos, praças, vias e parques, estilos de vida sob a ótica de gênero, condições dos sistemas de transportes, lugares de trabalho e acesso às edificações. Já os direitos gerais básicos como moradia, saneamento, espaço público e cultura deveriam ficar a cargos dos governos locais e municipais, porém nos países em desenvolvimento, esses direitos ainda foram atendidos como nos países desenvolvidos.

A diversidade é outro eixo destacado por Montaner e Muxí (2013), o direito à igualdade quanto aos diferentes tipos de pessoas. Nem sempre a cidade pensada para todos inclui a diversidade social e cultural, de indivíduos, de lugares religiosos, costumes na sociedade pós-colonial e cidades e bairros multiculturais, o que inclui os imigrantes. Cada bairro deve exprimir a diversidade de culturas que nele habitam, suas músicas, seus imaginários, suas crenças, seus alimentos, suas maneiras de se relacionar com o espaço público. Deve valorizar as experiências e comunica-las, entendendo que os imaginários urbanos são diferentes.

A participação na visão de Montaner e Muxí (2013) é considerada um instrumento ou procedimento valioso para promover a igualdade e a diversidade. É o ponto-chave para a transformação do urbanismo realizado por poucas pessoas, aberta às demandas sociais mais humanas e mais ecológicas, atenta às realidades locais. Porém, poucos arquitetos urbanistas ou planejadores urbanos estão depostos a assumir o esforço do trabalho em equipe e de mudança de mentalidade, não são treinados a escutar as necessidades das pessoas.

De acordo com Montaner e Muxí (2013, p.18), é importante recuperar teóricos que já pensavam em estratégias adequados à participação e relacionados a conhecimentos e formas compartilhadas na arquitetura como os “argumentos participativos” de Jonhn Turner, os “padrões” de Christopher Alexander elaborados na década de 1970 e os “suportes” de Jonh Habraken.

Por fim, o outro eixo norteador deve ser guiado pelos princípios de sustentabilidade. Os princípios trabalhados por Andrade (2005) formam uma estrutura sistêmica e integrada para auxiliar a

entender o potencial para implantar assentamentos urbanos sustentáveis com soluções simples, capazes de resolver vários problemas de uma só vez, ou várias soluções combináveis entre si. Tais princípios são: proteção ecológica (biodiversidade), adensamento urbano em área centrais, revitalização urbana de áreas degradadas, implantação de centros de bairro e desenvolvimento da economia local, implementação de transporte sustentável e moradias economicamente viáveis, comunidades com sentido de vizinhança, tratamento de esgoto alternativo, drenagem natural, gestão integrada da água, energias alternativas e, finalmente, as políticas baseadas nos 3R's (reduzir, reusar e reciclar). Eles são úteis na fase de diagnóstico da região para identificação de impactos e conflitos socioambientais e proposição de diretrizes.

Os trabalhos do grupo Periférico têm como fundamentos para aplicação de "códigos geradores" de soluções para o processo de desenvolvimento dos projetos os padrões desenvolvidos por Alexander et al (1977) e padrões dos ecossistemas urbanos desenvolvidos por Andrade (2014).

Este grupo, iniciado em 2013, com orientações de trabalhos finais de graduação no formato de extensão, procura trabalhar de forma participativa, com demandas reais de temas ainda marginais, ainda pouco abordados nos cursos de arquitetura (urbanismo periférico, circuito cultural, assentamentos e habitações sociais rurais, espaços socioprodutivos rurais, centros comunitários, parques urbanos, praças abandonas, vias e becos), articulando coletivos existentes envolvendo as comunidades no processo de elaboração de projetos de arquitetura e urbanismo.

2. OBJETIVO

Este artigo tem com objetivo analisar os trabalhos de urbanismo emergente do grupo Periférico da FAU/ÚnB sob a ótica das dimensões da sustentabilidade urbana desenvolvida por Andrade e Lemos (2015): social, ambiental, econômica, cultural e afetiva. Pretende-se demonstrar a avaliação sob a ótica da sustentabilidade e da qualidade da forma urbana de três trabalhos realizados pelo grupo no âmbito dos espaços públicos, "Circuito Cultural e de Lazer em Valparaíso de Goiás", "A Rua do Jovem do Varjão" no Distrito Federal e o "Manual de Táticas Urbanas Emergentes sob a perspectiva de gênero" no Plano Piloto.

3. METODOLOGIA

Dos 4 eixos de transformação citados anteriormente de Montaner e Muxí (2013), igualdade, diversidade, participação e sustentabilidade, devido ao espaço restrito, neste artigo pretende-se dar ênfase ao eixo da sustentabilidade urbana, considerando a configuração dos espaços públicos, porém, os outros três perpassam esta temática. O método de avaliação da sustentabilidade urbana desenvolvido por Andrade e Lemos (2015) está baseado em quatro estudos, a saber:

(1) as inovações-chave para aproximar a sinergia entre as agendas Verde e Marrom do documento Informe Global da ONU-Habitat de 2009 e ferramentas de avaliação de impactos ambientais no contexto urbano (AIA, EIA-Rima, EIV).

(2) os princípios de sustentabilidade estudados por Andrade (2005) para mediar conflitos entre os atributos próprios das agendas Verde e Marrom no Brasil e promover a reabilitação sustentável dos assentamentos urbanos;

(3) a metodologia das Dimensões Morfológicas do Processo de Urbanização do grupo DIMPU (Holanda e Kohlsdorf 1984; Kohlsdorf, 2006; Holanda, 2013), que consiste na avaliação do espaço quanto ao desempenho da forma urbana incidente nas expectativas sociais; e por fim,

(4) alguns critérios de certificação de empreendimentos verdes que estão sendo aplicados no Brasil (Selo Azul da Caixa e AQUA para Bairros da Fundação Vazolini, 2012).

A partir dos Princípios de Sustentabilidade aplicados ao desenho urbano, desenvolvidos por Andrade (2005), foi feita uma sistematização de outras metodologias por meio de princípios, critérios, indicadores e verificadores, conforme definições de (FSC, 1998), (Rodriguez, 1998), e (CIFOR, 1996). Andrade e Lemos (2015) buscaram novos parâmetros que abordassem as questões urbanísticas, contemplando não exclusivamente a questão ambiental, com interconexões presentes nas abordagens consideradas fundamentais. A metodologia foi nomeada “Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana”, que contemplou a legislação urbana e ambiental e os conflitos entre questões urbanas e questões ambientais (agenda marrom e agende verde), segundo a amplitude dos Princípios de Sustentabilidade (Andrade, 2005) e a sinergia entre as agendas (ONU-HABITAT, 2009). Entendendo que a forma urbana provoca impacto no modo de vida das pessoas e no meio ambiente, acrescentou-se as questões relacionadas à forma urbana do Grupo DIMPU – Dimensões Morfológicas do Processo de Urbanizaçao, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (HOLANDA, 2013). Holanda e Kohlsdorf (1996) propõem entender arquitetura como qualquer espaço socialmente utilizado e, portanto, situação relacional e dimensional. A classificação de expectativas sociais gera taxonomia dos lugares que são dimensões com várias descrições de um mesmo lugar, segundo diferentes atributos (categorias e elementos analíticos), para um bom desempenho quanto aos aspectos funcionais, bioclimáticos, econômicos, sociológicos, de identidade e orientabilidade, afetivos, simbólicos e estéticos bem como éticos e ecológicos.
O último momento de elaboração da metodologia de análise se dedicou a integração do referencial dos princípios de sustentabilidade (Andrade, 2005) com o Desempenho Morfológico dos Lugares, que trata das expectativas sociais (Grupo DIMPU: M.E. Kohlsdorf; G. Kohlsdorf; F. Holanda, da FAU/UnB). Essa integração teórica permitiu a visão integrada da sustentabilidade, urbanidade e habitabilidade (Andrade, Silva, Medeiros e Timo, 2010). Para que todo o conjunto de referenciais teóricos citados permitisse uma metodologia de análise aplicada, a metodologia proposta optou por construir quatro tabelas da sustentabilidade – (1) Sustentabilidade Ambiental, (2) Sustentabilidade Social, (3) Sustentabilidade Econômica e, (4) Sustentabilidade Cultural e Emocional. Uma síntese pode ser vista na Tabela 1 mais a frente. Essas quatro tabelas agregam contribuições da Legislação Urbana e Ambiental; Certificações Para a escala urbana, foram sistematizados 17 princípios, 41 critérios, 92 indicadores e 104 verificadores organizados em 4 dimensões da sustentabilidade urbana, ambiental (infraestrutura verde e conforto ambiental), social (urbanidade e mobilidade), econômica (adensamento e dinâmica urbana) e cultural e afetiva (legibilidade, identificabilidade, afetividade).

As tabelas referentes a cada uma das sustentabilidades não são apresentadas em toda sua extensão neste artigo, as tabelas apresentadas nos estudos de caso são uma síntese daquelas utilizadas para análise, evidenciando se os princípios avaliados foram correspondentemente não atendidos (N), não se aplicavam (NA) ou se foram atendidos (A). Como os projetos escolhidos para serem avaliados tratam de projetos de espaços públicos e a metodologia foi desenvolvida para ser aplicada à sustentabilidade e qualidade da forma urbana no âmbito de projetos urbanos e habitacionais, os princípios relacionados à questão habitacional não foram avaliados como no caso das moradias economicamente viáveis e adensamento urbano.

4. RESULTADO DA AVALIAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

O grupo Periférico, coordenado pela professora Liza Maria Souza de Andrade da FAU/UnB atuou em diversas comunidades periféricas do Distrito Federal como Itapoã, Ceilândia, Vila Telebrasília, Vila Planalto, Vila Cauhy, Varjão na região do entorno do DF em Goiás como Luziânia e Valparaíso bem como assentamentos da Reforma Agrária na região de Planaltina como o Assentamento Pequeno William do MST e a cidade de Cavalcante na Chapada dos Veadeiros, além de áreas centrais como o CONIC. Para o estudo de caso foram escolhidos três projetos desenvolvidos no âmbito dos espaços públicos. Os trabalhos escolhidos para análise foram o "Circuito Cultural e de Lazer em Valparaíso de Goiás", "A Rua do Jovem do Varjão" e o "Manual de Táticas Urbanas Emergentes sob a perspectiva de gênero" desenvolvidos pelas recém-formadas Raquel Braz, Natália Magaldi e Lara Pita, respectivamente.

Circuito Cultural e de Lazer: arte urbana e espaços comunitários em Valparaíso (GO)

A escolha da área deste trabalho se deu pela necessidade de áreas livres, arborizadas e pela carência de espaço para cultura e lazer. A cidade de Valparaíso de Goiás, cidade dormitório, carece cada vez mais de espaços comunitários para jovens, adultos e crianças. Valparaíso emancipou-se a pouco tempo da cidade de Luziânia – GO e com apenas 20 anos, ainda procura se estruturar. Atualmente, é a cidade que mais cresce no entorno de Brasília e ainda enfrenta a dificuldade para concessão de áreas livres públicas, pelo seu histórico de rápido crescimento, devido à construção de Brasília. Na tabela 1 se encontram as soluções de projeto segundo as dimensões da sustentabilidade.

Tabela 1 – Análise das dimensões da sustentabilidade do projeto Circuito Cultural e de Lazer de Valparaíso

Circuito Cultural e de Lazer: arte urbana e espaços comunitários em Valparaíso (GO)
Sustentabilidade Ambiental - Ruas verdes, espações arbóreos, hortas comunitárias e paisagismo produtivo. Reaproveitamento de águas servidas e acesso à água.
Sustentabilidade Social - Espaços comunitários para diferentes faixas etárias e classes sociais. Acessibilidade, equipamentos públicos, mudança de sistema viário e calçadas. Promoção do sentimento de pertencimento ao local por meio da participação da comunidade no processo de projeto.
Sustentabilidade Econômica - Utilização de espaços remanescentes, pavimento permeável e rede de drenagens de águas pluviais e de esgoto. Iluminação para uso noturno, novos comércios com diversificação de uso do solo.
Sustentabilidade Cultural e Emocional – Criação de identidade própria, recuperação e valorização da infraestrutura existente, ênfase na arte urbana e novos marcos visuais. Revitalização e segurança nos becos existentes. Geração de laços afetivos com a oficina de grafite nos muros de um dos becos.





Figuras 1, 2 e 3 – Imagem do processo participativo em um dos becos do Circuito Cultural de Valparaíso de Goiás, imagem do circuito e simulação do beco com a recomposição do piso e criação de hortas.

A Rua do Jovem do Varjão - DF

O Varjão do Torto, em Brasília, é caracterizado pela grande concentração de crianças e jovens, os quais possuem o hábito de permanecer nas ruas durantes os dias. Esses jovens são vítimas da falta de atividades destinadas a eles. Os espaços públicos do Varjão não proporcionam qualidade adequada para o descanso e diversão da população, principalmente para os jovens, que são constantes nas ruas, durante o dia e a noite. Embora existam alguns projetos sociais sem fins lucrativos e desenvolvidos por próprios moradores em parceria com a Administração do Varjão, que visam ocupar o tempo dos jovens, essas ações não são suficientes para conter o ócio de boa parte da população. Como consequência, as crianças e jovens são marginalizados e logo cedo se envolvem com o tráfico de drogas que é crescente na vila. Tendo em vista tais problemas, o projeto teve como diretriz principal estabelecer conexões entre os espaços públicos e culturais existentes por meio de uma "trilha para jovens" pela Av. Principal, visando atender às necessidades de lazer das crianças e dos jovens, conforme as dimensões da sustentabilidade descritas na tabela 2.

Tabela 2 – Análise das dimensões da sustentabilidade do projeto A Rua do Jovem do Varjão

A Rua do Jovem do Varjão - DF
Sustentabilidade Ambiental - arborização para melhorar o conforto ambiental e infraestrutura verde para drenagem, faixas de pedestres coloridas e agricultura urbana nas regiões menos adensadas com áreas de compostagem de resíduo orgânicos. **Sustentabilidade Social -** o projeto prevê a mudança da via para sentido único, ampliação das calçadas, faixas para melhoria do transporte público, pequenas praças. O projeto busca do empoderamento desses jovens por meio da ativação dos espaços públicos do Varjão. Os jovens, por meio de atividades culturais, e requalificação dos espaços públicos, passam a ter o sentimento de pertencimento ao Varjão. **Sustentabilidade Econômica -** a partir do desenvolvimento do projeto, os jovens podem descobrir potencialidades desde a música, como também o desenvolvimento de trabalhos manuais como pintura, marcenaria, etc. Desse modo, podem se desenvolver profissionalmente. Além disto, o projeto contempla a melhoria dos espaços públicos, agregando mais pessoas dispostas a permanecer na rua. Assim, o comércio da cidade tende a ser potencializado. **Sustentabilidade Cultural e Emocional -** Nos eventos do Rua do Jovem que ocorreram em 2015 e em 2016 houve uma série de apresentações musicais e culturais que fomentar o lado artístico dos jovens. Os elementos que representam a identidade da rua foram reforçados nas oficinas sobre mapas mentais como os grafites, as faixas coloridas para bicicletas, as escadas foram pintadas para configurar lugares de encontros,



Figuras 4, 5 e 6 – O projeto da Av. Principal, o processo participativo e o projeto do trecho da praça em frente à escola.

Manual de Táticas Urbanas Emergentes sob a perspectiva de gênero – Plano Piloto - DF

Combinando funções de trabalho e de cuidado com a casa e os filhos, evitando assédios e antecipando riscos à integridade física e moral, a mulher anda pelas ruas resultando em necessidades diferentes de acessibilidade nas vias, iluminação, transporte público e até de zoneamento urbano. Hoje a maioria dos bairros reproduzem características de exclusão - não só de gênero, mas também de classe, raça e idade. Assim, criou-se o "Manual de Táticas Urbanas Emergentes Sob a Perspectiva de Gênero" na Asa Norte do Plano Piloto de Brasília com as táticas urbanas direcionadas para a região de estudo segundo as dimensões da sustentabilidade elencadas na da tabela 3.

Tabela 3 – Análise das dimensões da sustentabilidade do projeto Manual de Táticas Urbanas de Gênero

Manual de Táticas Urbanas Emergentes sob a perspectiva de gênero – Plano Piloto - DF
Sustentabilidade Ambiental - Infraestrutura verde para drenagem, parque linear na Av W5 com agroflorestas (corredor ecológico), canteiros de compostagem, entre outros.
Sustentabilidade Social - Pequenas intervenções de acordo com as análises dos contextos das superquadras, onde foram mapeados os espaços inseguros a fim de criar ambientes de estar, quiosques e ambulantes para melhoras a vitalidade para os becos, pequenos parquinhos para crianças.
Sustentabilidade Econômica – Quiosques em cada superquadra para criar uma centralidade com dinâmica urbana além de mobiliários adequados tipo "faça você mesmo", postes de iluminação, quadros de avisos e trocas de informações,
Sustentabilidade Cultural e Emocional – Foi realizada uma **c**aminhada descontraída com algumas mulheres no formato *Jane's Walk* o "Rolé de Biquíni" percorrendo os espaços no Plano Piloto de Brasília onde as mulheres se sentem vulneráveis e ameaçadas, com o objetivo de trocar vivências e experiências, debatendo a configuração do espaço público e que mudanças poderiam ser feitas.



Figuras 7, 8 e 9 – O projeto dos espaços públicos e o passeio com as mulheres "Rolé de Biquini"

5. A MATRIZ FINAL DE AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES DA SUSTENTABLIDADE

Na tabela abaixo estão elencados os princípios de cada sustentabilidade e se tais princípios avaliados foram correspondentemente não atendidos (N), não se aplicavam (NA) ou se foram atendidos (A). A letra (C) representa a análise do projeto do Circuito Cultural, a letra (R) o projeto da Rua do Jovem e a letra (M) o Manual de tática urbanas.

Tabela 4 – Análise da Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana para os projetos avaliados.

PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS			
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	**N**	**NA**	**A**
Proteção Ecológica e Agricultura Urbana no âmbito da bacia hidrográfica. Cumprimento da legislação ambiental. Compatibilização dos zoneamentos (urbano, ambiental e balanço hídrico). Proposição e respeito a corredores ecológicos. Provimento de áreas para agricultura urbana e paisagismo produtivo.			C – R – M
Infraestrutura Verde: Gestão das águas, Drenagem Natural e Tratamento de Esgoto Alternativo. Desempenho eficiente do ciclo da água no solo urbano. Equilíbrio entre vazões de cheias, altas e vazões de seca. Desenho urbano adequado ao terreno natural. Provimento da ecoeficiência e biodiversidade			C – R – M
Conforto Ambiental. Conforto térmico, luminoso e acústico. Importante áreas de sombreamento e painéis acústicos.			C – R – M
Promoção dos sistemas alternativos de energia e diminuição da pegada ecológica. Redução do uso de energia. Aplicação de sistemas alternativos. Integração da água e energia: sistemas integrados para distribuição da energia e água.	C – R – M		
Saúde. Vulnerabilidade ambiental.			C – R – M
Redução, Reutilização e Reciclagem de Resíduos. Promoção da redução da pegada ecológica. Destinação adequada e reaproveitamento de resíduos.			C – R – M
SUSTENTABILIDADE SOCIAL			
Comunidade com sentido de vizinhança. Promoção do sentimento de pertencimento. Inserção da comunidade no processo de planejamento do empreendimento.			C – R – M
Moradias adequadas. Variedade de moradias com adequabilidade ao padrão das faixas socioconômicas.		C – R – M	
Mobilidade e Transportes Sustentáveis. Sistema de transporte público eficiente. Sistema viário. Existência de estruturas propícias aos diferentes modais de mobilidade (pedestres, ciclistas e automobilistas). Existência de estruturas inibidoras do uso de combustíveis fósseis			C – R – M
SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA			
Adensamento urbano. Respeito aos gradientes de densidade crescente em direção ao centro de bairro. Existência de adensamento responsável.		C – R	
Dinâmica urbana. Provimento de infraestruturas diversificadas. Especificação de mobiliário urbano adequado. Sistema de Iluminação pública eficiente. Sistema viário compatível com os materiais empregados. Eficiência da rede de água, esgoto e drenagem. Projeto adequado para a rede de abastecimento de energia elétrica. Projeto adequado para a rede de abastecimento de gás.			C – R – M
Desenvolvimento da econômica local em centros de bairros. Centralidades com mescla de funções e atividades em distâncias caminháveis.		M	C – R
SUSTENTABILIDADE CULTURAL E EMOCIONAL			
Revitalização Urbana. Patrimônio, paisagem e identidade.			C – R – M
Proposição de economia de solo urbano.			
Legibilidade e Orientabilidade. Continuidade de caminhos. Conectividade entre bairro, definição de bairros heterogêneos e agrupamentos			C – R – M
Identificabilidade. Agrupamentos com unidade e diversidade. Identificação de efeitos visuais observados no campo visual do percurso do pedestre.			C – R – M
Afetividade e Simbologia. Laços afetivos através da agradabilidade visual e da simbologia.			C – R – M

Fonte: Adaptado de Andrade e Lemos (2015) por Liza Andrade e Thalyta Fernandes.

Foi possível constatar na matriz que a sustentabilidade em todas as dimensões foi atendida priorizando o meio ambiente e a qualidade de vida das em todos os projetos, exceto quanto aos princípios voltados para habitação, visto que os projetos são destinados aos espaços públicos.

6. CONCLUSÃO

Procurou-se apresentar neste artigo a avaliação das dimensões da sustentabilidade urbana, social, ambiental, cultural e econômica de alguns projetos de espaços públicos desenvolvidos nos trabalhos do grupo Periférico que tem como foco trabalhar as demandas de projetos de temas marginais, pouco abordados nos cursos de arquitetura de forma emergente, envolvendo as comunidades na participação da elaboração de projetos de arquitetura e urbanismo nos trabalhos finais de graduação da FAU/UnB. Para aplicação das dimensões da sustentabilidade inicialmente, considerando a arquitetura como "variável dependente" de processos históricos e culturais, realiza-se um diagnóstico da área a ser trabalhada, buscando todas as informações nos planos do território, na legislação, urbana e ambiental, bem como nos dados socioeconômicos da localidade baseado nos princípios e critérios da tabela avaliada. A partir dessa análise, traçam-se recomendações que se transformam em padrões espaciais a serem aplicados no desenho urbano. Paralelamente, por meio de metodologias participativas procura-se levantar novos padrões sob a ótica da comunidade envolvida e, então, desenvolve-se propostas alternativas a serem apresentadas. Neste sentido, as propostas e projetos finais tendem a incorporar as dimensões da sustentabilidade no resultado da avaliação, pois já foram previamente pensadas.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, C. et al. A Pattern Language: towns, buildings, construction. New York: Oxford University Press, 1977.

ANDRADE, Liza Maria Souza de. Agenda verde X Agenda marrom: inexistência de princípios ecológicos para o desenho de assentamentos urbanos. Brasília: Dissertação PPG-FAU/UnB, 2005.

ANDRADE, Liza Maria Souza de, LEMOS, Natalia da Silva.; GUINANCIO, Cristiane. e PEIXOTO, Elane; RIOS Natalia, KANO, Julia. Avaliação da Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana dos Empreendimentos do PMCMV: Empreendimentos Jardins Mangueiral no DF e Residencial Bethel em Goiás. XVI ENAMPUR. Belo Horizonte, 2015.

ANDRADE, Liza Maria Souza de, LEMOS, Natalia da Silva. Qualidade de Projeto Urbanístico: sustentabilidade e qualidade da forma urbana. In:BLUMENSCHEIN, R. N.; GUINANCIO, C. e PEIXOTO, E.(org.) Avaliação da qualidade da habitação de interesse social: projetos urbanístico e arquitetônico e qualidade construtiva. FAU/UnB, Brasília, 2015.

HARVEY, David. O direito à cidade. In: Lutas Sociais, São Paulo, n.29, p.73-89, jul./dez. 2012.

KOHLSDORF, Maria Elaine. Diretrizes gerais para as disciplinas de projeto de arquitetura e urbanismo. Curso de Arquitetura e Urbanismo - Colegiado das disciplinas de Projeto de Arquitetura E Urbanismo do Centro Universitário UNIEURO. Brasília, 2006.

MONTANER, Josep Maria e MUXÍ, Zaida. Arquitetura e Política. Ensaios para mundo alternativos. Editorial Gustavo Gilli, Barcelona, 2013.

356. DOS ESPAÇOS DIFUSOS AOS ESPAÇOS COMPACTOS: UMA ANÁLISE DA EXPANSÃO E DINÂMICA OCUPACIONAL DO ESPAÇO URBANO DO CONJUNTO HABITACIONAL DIRCEU ARCOVERDE NA CIDADE DE TERESINA-PI

*CASTELO BRANCO, Victor Sérgio Batista *[1](vs.branco@hotmail.com); CAVALCANTE, Juliana Rodrigues[2] (julianarcavalcante01@hotmail.com)*
[1]Instituto Camillo Filho (ICF), Brasil
[2]Instituto Camillo Filho (ICF), Brasil

**Victor Sérgio Batista Castelo Branco*

RESUMO
O referido trabalho tomou para a pesquisa o extrato do espaço urbano da cidade de Teresina, especificamente, nos bairros Dirceu Arcoverde I e II. Os bairros citados estão relacionados à evolução pelo qual passou o espaço urbano da zona sudeste da cidade de Teresina e que em decorrência das instalações dos referidos conjuntos habitacionais ocasionou um aumento da população, bem como o desenvolvimento social e econômico desta área. Em relação ao último aspecto, o foco na economia local proporcionou ao bairro uma ampla oferta de serviços. A pesquisa teve como objetivo traçar os fatores que proporcionaram e impulsionaram a evolução urbana dos bairros mencionados no período de 1977 a 2000, percorrendo uma análise sobre as mudanças nos bairros, passando por sua origem, expansão e transformações sociais, econômicas, geográficas, ambientais e arquitetônicas. Como objetivos mais específicos, a pesquisa se voltou para entender como os conjuntos habitacionais Dirceu I e II se constituíram como vetores da expansão urbana da zona sudeste de Teresina. E como resultados da pesquisa foram evidenciados uma configuração em que novas centralidades ou "subcentros" estão surgindo, ocorrendo, assim, um processo denominado descentralização ou centralização territorial da cidade, em que os supracitados bairros estão caracterizados nesta medida, isto é, um processo de "espaços compactos" na via de um urbanismo sustentável apontados em algumas medidas. Em conformidade com os objetivos da pesquisa, o processo metodológico se deu em duas fases: a primeira, pela pesquisa bibliográfica, tendo em vista que o esforço de apreensão teórica é essencial; e a segunda, pela pesquisa documental, a qual compreendeu o levantamento de documentos que foram encontrados em arquivos públicos e em acervos de jornais.
Palavras-chave: Expansão urbana. Dirceu Arcoverde. Conjunto habitacional.

FROM DIFFUSE SPACES TO COMPACT SPACES: AN ANALYSIS OF THE EXPANSION AND OCCUPATIONAL DYNAMICS OF THE URBAN SPACE OF THE DIRCEU ARCOVERDE HOUSING COMPLEX IN THE CITY OF TERESINA-PI

ABSTRACT
This work took to the research the extract of the urban space of the city of Teresina, specifically, in the districts Dirceu Arcoverde I and II. The districts mentioned are related to the evolution of the urban space in the southeast of the city of Teresina, which resulted in an increase in population, as well as the social and economic development of this area. In relation to the last aspect, the focus on

the local economy provided the neighborhood with a wide range of services. The research aims to trace the factors that provided and stimulated the urban evolution of the neighborhoods mentioned in the period from 1977 to 2000, through an analysis of the changes in the neighborhoods, through their origin, expansion and social, economic, geographic, environmental and Architectural features. As more specific objectives, the research turned to understand how the Dirceu I and II housing complexes were constituted as vectors of the urban expansion of the southeastern area of Teresina. And as a result of the research, a configuration was revealed in which new centralities or "subcentres" are emerging, thus occurring a process called decentralization or territorial centralization of the city, in which the aforementioned neighborhoods are characterized in this measure, that is, a process of "Compact spaces" in the way of sustainable urbanism are pointed out in some measures. In accordance with the objectives of the research, the methodological process took place in two phases: the first, through bibliographical research, considering that the theoretical apprehension effort is essential; And the second, through documentary research, which included the collection of documents that were found in public archives and in newspaper archives.
Keywords: Urban Sprawl. Dirceu Arcoverde. Housing development.

1. INTRODUÇÃO: DOS APORTES TEÓRICOS, OBJETIVOS E METODOLOGIA DA PESQUISA

Para pensar os processos de expansão urbana atual, é interessante saber que estes ocorrem desde o crescimento das áreas urbanas das cidades modernas[1], tendo como principal causa o aumento da população em consequência da imigração de indivíduos advindos da zona rural. Com isso, as cidades modernas passaram a ser tomadas como centros de poder financeiro, com empreendedores que, a partir daí, faziam surgir novas áreas urbanas (GIDDENS, 2005).

Ao se fazer um paralelo entre o desenvolvimento das cidades modernas com a logística da atual expansão urbana pelo qual passam as cidades brasileiras, percebe-se que o traço marcante desta expansão é o aumento da população. No Brasil, este processo é relativamente recente, iniciando a partir da década de trinta do século XX (BRITO e SOUZA, 2005).

Brito e Souza (2005) lembram que, entre as décadas de 1940 a 1970, houve um crescimento intenso e sistemático da urbanização no Brasil, sendo que somente em 1970, pela primeira vez, registrou-se no país como um todo uma população urbana superior à rural e, diante desta expansão urbana, intensificou-se a demanda por habitação[2].

No Estado do Piauí, essas políticas habitacionais refletiram na construção de vários conjuntos habitacionais na cidade de Teresina, entre as décadas de 1960 a 1980 (COHABI-PI, 2001). Assim, com a intensificação da política habitacional, o desenho urbano da cidade de Teresina se modificou e sua expansão ganhou novas direções.

[1] Correspondem às cidades ditas industriais da idade moderna. Estas cidades sentiram os efeitos da revolução industrial, especialmente, o impressionante crescimento demográfico, como exemplo, a cidade de Londres que em menos de um século teve sua população quintuplicada (CHOAY, 2005).

[2] Em virtude deste aumento sistemático da urbanização, foram criados, no início do regime militar, em 1964, o Sistema Financeiro de Habitação (SFH) e o Banco Nacional de Habitação (BNH), financiando 4,5 milhões de unidades residenciais durante a sua existência, entre 1964 e 1986; o que representou 24% de todo o mercado habitacional produzido (BONDUKI, 2004, apud, SANTOS E DUARTE, 2010, p.05).

Em relação à modificação do desenho da cidade, destaca-se a sua expansão em direção à zona sudeste, com a instalação do Conjunto Habitacional Itararé[3], hoje conhecido como Conjunto Dirceu Arcoverde I e II. Chamando a atenção pelo grande número de casas entregues, o conjunto foi inaugurado em duas etapas: a primeira, com o Conjunto Dirceu I, em 1977, com 3.040 unidades; e a segunda, com o Conjunto Dirceu II, com 4.254 unidades, em 1980 (COHABI, 2001), totalizando 7.294 casas. Esta expansão urbana não provocou apenas transformações demográficas, mas também econômicas e ambientais.

Diante disso, considerou-se relevante realizar um estudo acerca do processo de expansão urbana, tendo por base um levantamento histórico e documental com a seguinte problemática: quais as transformações ocorridas no espaço urbano dos bairros Dirceu I e II entre as décadas de 70 até os anos 2000? Através de uma análise sobre estas mudanças, cujos dados foram coletados de forma pontual englobando os anos de 1977, 1980, 1990 e 2000, tendo como fonte bibliográfica o arquivo do Jornal “O DIA”, a pesquisa objetivou entender como o conjunto habitacional Dirceu I e II se constituiu um vetor de expansão urbana da zona sudeste de Teresina.

Em conformidade com os objetivos da pesquisa o processo metodológico se deu em duas fases: a primeira pela revisão da literatura, tendo em vista que o esforço de apreensão teórica é essencial; a segunda, pela pesquisa documental a qual compreendeu o levantamento de documentos que foram encontrados em arquivos públicos, entidades governamentais, fotografias e jornais (APOLINÁRIO, 2006; MAY, 2004). As fontes da pesquisa foram amplamente encontradas nos acervos do jornal “O Dia” e de órgãos governamentais. Tais dados permitiram traçar a história do processo de expansão urbana do bairro supracitado, desde o ano de 1977, quando se iniciou, a cada ano que encerrou uma década, até o ano 2000; gerando um enredo documental e bibliográfico acerca do processo expansivo e ocupacional.

2. NO RASTRO DA DINÂMICA OCUPACIONAL DO BAIRRO DIRCEU ARCOVERDE: TRAJETÓRIA E CONSEQUÊNCIAS

O nascimento do bairro Dirceu Arcoverde desencadeou um processo de centralidade urbana na zona sudeste de Teresina. Tal processo teve início no governo de Dirceu Mendes Arcoverde, no ano de 1977, abrangendo os bairros inicialmente chamados de Itararé I e II e posteriormente renomeados para Dirceu I e II.

Essa evolução se deu graças ao programa de governo denominado COHAB-PI. De acordo com a publicação do Jornal “O Dia” de 15 de Março de 1977, o programa habitacional traçado pela Companhia de Habitação do Piauí [...] pretende levar residências populares, através da construção de conjuntos que são verdadeiros bairros, para uma população que enfrenta o cruciante problema do desemprego e baixa renda (JORNAL O DIA, 1977a, p. 12).

Através desse sistema, foram inaugurados os bairros Itararé I, em 1977, e Itararé II, em 1980, há 5 km de Teresina, nas proximidades do terminal de petróleo, com característica de malha separada em quadras. O distanciamento dos conjuntos Dirceu I e II da malha urbana é característico dos processos de instalações edificadas conduzidas e financiadas pelo BNH, os novos conjuntos estavam alinhadas em certa medida a um processo de periferização, pois “a escolha das terras [pelo BNH] para a edificação dos conjuntos parece ter obedecido a um critério principal, o distanciamento do centro figurando praticamente em todos os casos como um dado obrigatório [...]

[3]Inicialmente, o Conjunto recebe o nome de Itararé. Anos mais tarde, após a morte do ex- Governador Dirceu Mendes Arcoverde, que inaugurou o conjunto em 1977, a população presta-lhe uma homenagem e nomeia o bairro de Dirceu Arcoverde I e II (LIMA, 2011).

deixando espaços vazios nos interstícios (SANTOS, 1990, p. 31), (se observarmos a figura 02, podemos perceber o vazio entre o conjunto e a malha urbana), esse modelo implantou processos de exclusão das populações destas novas ocupações, e aciona processos de especulação imobiliária nos vazios entre o conjunto e a malha urbana (SANTOS, 1990). pois como mostra a pesquisa documental do acervo do "Jornal O Dia", as ausências enfrentadas pela população dos referidos conjuntos eram latentes, e noticiadas com frequência pelo jornal, como a falta d'água, calçamentos (como visto na figura 01), saneamento e transporte público.

A pesquisa documental cobre inicialmente o ano de 1977, trazendo o mês de janeiro com a primeira etapa do bairro Dirceu I já iniciada, com 940 unidades em uma área de 41 hectares e um capital aplicado de Cr$18.200,00 (moeda da época). Em abril, o governo anunciou licitação para construção da segunda etapa, prevendo mais 2.100 unidades habitacionais, 3 unidades escolares (com 15 salas de aula cada uma), 1 delegacia distrital e 1 centro comercial, com previsão para entrega em setembro do corrente ano (JORNAL O DIA, 1977b).

Esta etapa iniciou-se em agosto de 1977, com o anúncio da distribuição de materiais, pelo governo, para o projeto de melhoria das casas do conjunto através do sistema de mutirão entre os próprios moradores (JORNAL O DIA, 1977c). As casas foram construídas de acordo com o modelo embrião, com paredes de alvenaria e cobertura de telhas com caibros de madeira redonda (JORNAL O DIA, 1977d).

Em 1977, o bairro Itararé, recém-inaugurado (figura 01), era distante de tudo e, segundo o Jornal O DIA, de 02 de Agosto de 1977, não era inserido nos limites urbanos da cidade, o que prejudicava a dinâmica econômica da região. Em virtude de inchaço na cidade devido à procura de centros urbanos para busca de emprego ou desenvolvimento educacional, bem como de um processo de desfavelamento da cidade, foram criados os conjuntos habitacionais, voltados para pessoas com baixa renda. Em decorrência desta política, a região do Dirceu cresceu rapidamente, ficando conhecida como "favela de concreto" (JORNAL O DIA, 1977c). Uma questão pontual era o problema da falta de água, chegava-se a percorrer uma distância de 3 km até o rio Poti a fim de abastecimento próprio ("Jornal O DIA", maio de 1980), mas apesar disso, a distância da "cidade grande" e tantos outros problemas, a região já era considerada um aglomerado urbano, graças à popularidade que o conjunto adquiriu, em virtude do preço acessível das casas e um padrão satisfatório em relação a outras unidades habitacionais (JORNAL O DIA, 1977e), o que convém lembrar, "que as casas construídas pelo BNH constituíam unidades edificadas de modo uniforme [...], despersonalizada e desarticuladas com a cidade". (MAIA, 2014, p.93).

Figura 01. Imagens da rua sem calçamentos e das casas recém entregues



Fonte: Jornal O DIA, 1977c.

Em 1980 foi inaugurado o bairro Dirceu Arcoverde II com 4254 unidades em uma área de 145,5 hectares (figura 02). Neste empreendimento foi utilizado um recurso de mais de 600 milhões de cruzeiros (moeda da época) aplicados em habitação, equipamentos comunitários, três escolas públicas, uma unidade de saúde, um centro comercial, sistema viário e de drenagem e sistemas de água e de iluminação (JORNAL O DIA, 1980a).
Com o tempo, grandes obras foram surgindo, sanando problemas e beneficiando o bairro. Dentre elas pode-se destacar a construção de uma adutora de 5 km, incluindo a transposição do rio Poti, permitindo uma interligação domiciliar com o sistema geral de Teresina (Jornal O DIA, 1980b). A chegada do metrô, em 1990, fez com que a região fosse incluída no sistema de transporte ferroviário suburbano de Teresina, ligando-o diretamente com o centro da cidade. Por fim, a reinauguração do hospital que contribuiu para a descentralização do pólo de saúde de Teresina, melhorando a qualidade de vida dos moradores da região.

Figura 02. Vista aérea do Conjunto Dirceu II



Fonte: Jornal O DIA, 1980a.

De acordo com Lojkine (1997 *apud* LIMA, 2011), os bens de consumo coletivo são responsáveis por fazer girar o capital, aumentando-o consequentemente, visto que é na produção econômica e na reprodução da força de trabalho que o espaço urbano se constrói. Para que isto aconteça, é relevante que o Estado cumpra seu papel de provedor dos referidos bens à população. Ao longo do tempo, alguns programas foram criados para melhorar a vida dos moradores de baixa renda dos conjuntos habitacionais. Um destes programas, denominado Projeto Vila Bairro, implantado em 1997 pela Prefeitura de Teresina em conjunto com a Secretaria de Planejamento, tinha como principal objetivo promover o resgate social da população que morava nas periferias e que possuía uma renda muito baixa. Para atingir esses objetivos foram realizadas frentes de ação com obras realizadas nas áreas de pavimentação, abastecimento d'água, energia elétrica, regularização fundiária, melhoria habitacional e unidade sanitária popular. (JORNAL O DIA, 2000a).
O ano de 2000 foi marcado por outro programa de melhoria com o qual a região do Dirceu foi agraciada: as Hortas Comunitárias, que faziam parte de um programa de combate ao desemprego e, consequentemente, vieram melhorar a qualidade de vida da população de baixa renda (figura 03). O programa foi desenvolvido pela Prefeitura de Teresina em conjunto com a Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento, recebendo também recursos do projeto Vila Bairro. Seu objetivo era cadastrar os moradores da região para trabalhar nas hortas e fornecer a eles material

para o preparo dos lotes, bem como dar orientações técnicas para produzir alimentos saudáveis e de boa qualidade. Toda a produção era comercializada nos mercados regionais e entre os próprios lotes de horta, tornando-se um programa de extrema importância econômica para os moradores (JORNAL O DIA, 2000b).

Com o passar do tempo, a região que abrigava o Dirceu I e II e bairros adjacentes passou a ser denominada de "Grande Dirceu", sendo reconhecida como zona Sudeste da cidade. Com cerca de 150 mil moradores, era considerada a maior aglomeração de pessoas de Teresina (JORNAL O DIA, 2000c), o bairro passou a contar com os mais variados serviços, inclusive jurídicos, bancos, Núcleo de apoio à criança e o teatro[4].

Figura 03: Horta comunitária



Fonte: Jornal O DIA, 2000b.

De acordo com Lima (2011), por conta da centralização existente na região do Dirceu Arcoverde, o poder público passou a enxergá-lo com interesse econômico, visando sua valorização e reprodução do capital. Os referidos bairros já possuíam indicativo de centralidade desde a sua gênese, tendo em vista que foram precursores da zona sudeste de Teresina.

2.1 A EXPANSÃO URBANA DO BAIRRO DIRCEU I E II: ALINHAMENTO TEÓRICO EM TORNO DO PROCESSO DE DIFUSÃO À COMPACTAÇÃO DO ESPAÇO BAIRRO.

Delineando teoricamente a pesquisa em questão, convém pensar com Lefebvre (1999) que, ao caracterizar a cidade, esta pode ser tomada como uma produção histórica subordinada à produção econômica. Neste sentido, a cidade capitalista seria produto social proeminente das relações mercantis, podendo gerar uma dinâmica espacial. O autor lembra ainda, que a separação entre a cidade e o campo resultou das primeiras formas de divisão do trabalho na esfera capitalista, o que,

[4] Passou a contar também com a instalação de uma sede da Defensoria Pública funcionava no Centro Social Urbano (JORNAL O DIA, 1990). A única agência do BEP (Banco do Estado do Piauí) na região tornou-se campeã de arrecadação de ICMS, com um fluxo de clientes de 200 a 300 pessoas diariamente (JORNAL O DIA, 2000e). Os moradores já contavam com pavimentação e a ampliação da Avenida Joaquim Nelson; construção de uma quadra poliesportiva; reforma do Naica - Núcleo de Apoio Integral à Criança e Adolescente; e construção de um teatro escola com capacidade para 300 jovens participarem de aulas de dança, música e teatro (JORNAL O DIA, agosto de 2000f).

ao longo do tempo, teve como consequência, uma organização do espaço urbano, transformando-o de forma diferenciada, e este "[...] processo de formação das cidades está na base das redes urbanas" (CASTELLS, 2006, p. 35).

Neste sentido, Corrêa (2006, p. 11) conceitua espaço urbano, como "fragmentado, articulado, reflexo, condicionante social, cheio de símbolos e campos de lutas, é um produto social, resultado de ações [...] por agentes que produzem e consomem o espaço". O autor diz ainda que, dentre os agentes sociais que produzem e reproduzem a cidade, estão o Estado, os promotores imobiliários e os grupos sociais; e as ações destes agentes são feitas dentro de um marco jurídico que as regula (CORRÊA, 2006). Com isso, ao tomar a dinâmica da expansão urbana da cidade de Teresina para zona sudeste, e a dinâmica da evolução urbana do bairro Dirceu Arcoverde como objetos de estudo, pode-se ancorá-lo com base no conceito teórico acima, pois o referido bairro foi fruto das ações do Estado, grupos sociais e agentes imobiliários; o que torna interessante o processo da análise histórica, pois percebe-se claramente as ações destes, nesse processo de expansão urbana que ora é legitimada por interesses do capital (SPOSITO, 2000; MARICATO, 2001).

A propósito, Sposito (2000) afirma que a produção espacial é uma forma de manifestação clara do capitalismo avançado e se traduz de duas formas diferentes: a primeira é a existência de grandes unidades de produção e consumo, tendo como resultado a descentralização espacial. A segunda é a ampliação da massa de assalariados acompanhada de uma diversificação de níveis de hierarquização no próprio interior da categoria social concretizada no urbano a diferenciação dos padrões de habitação.

Na direção do pensamento de Sposito (2000), os bairros Dirceu I e II podem ser tratados como uma produção espacial do capitalismo, pois, se tratando da segunda manifestação do capital avançado, referido pela autora, a hierarquia no interior das categorias sociais gera, no urbano, diferenças nos padrões de habitação. Toda essa orquestração dos agentes do Estado e do capital privado delinearam uma produção do espaço agregadas com uma ampla oferta de serviço e infraestrutura em diversos segmentos, apesar do processo de periferização produzidas pelas politicas de habitação, os conjuntos Dirceu I e II ao longo de três décadas formou o que podemos chamar de "novas centralidades". Segundo Lima (2011) a maneira como as cidades crescem, de forma desordenada, promove a configuração do espaço urbano, dando a elas uma caracterização de tamanho: pequena, média ou grande (metrópole). Em virtude deste crescimento e de sua organização, algumas áreas ganham destaque por suas funções, como por exemplo, o centro, "por significar o ponto de onde essas se expandem e por ser a maior referência, em termos históricos, simbólicos e funcionais no conjunto dos elementos espaciais" (LIMA, 2011, p. 34). À medida que vão alcançando uma dimensão maior, seja através da expansão de seu espaço urbano, seja pelo aumento da população, as cidades vão se reconfigurando e acabam por perder a característica de monocêntricas, ou seja, novas centralidades ou subcentros vão surgindo, ocorrendo, assim, um processo denominado descentralização ou centralização territorial. Para um bairro ser definido como um subcentro é necessário, além do grande contingente populacional, possuir uma infraestrutura com independência funcional em relação aos demais elementos espaciais (LIMA, 2011). Neste sentido, temos o Grande Dirceu como um claro exemplo de centralização territorial ou subcentro, com características de um território compacto. Inserido em uma cidade de dimensão socioespacial que, de acordo com definição do IBGE (2000), citado por Lima (2011), se enquadra na categoria de Capital Regional, é considerado precursor da formação da região Sudeste, quando foi fundado com os nomes de Itararé I e II, com o intuito de abrigar pessoas de baixa renda, num processo de desfavelização. O autor chama a atenção para esse conjunto de características que faz do bairro, uma região semelhante a um centro funcional compacto. Para evidenciar esse

processo temos duas imagens da evolução urbana dos conjuntos Dirceu I e II entre a década de 80 e o ano 2000.

Figura 04: Teresina década de 80.



Fonte: Google, 2017a.

Figura 05: Teresina década de 2010.



Fonte: Google, 2017b.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A apresentação história da implementação e expansão dos bairros Dirceu Arcoverde I e II foi construída a partir de informações cronológicas amplamente retiradas do “Jornal O DIA”, e complementadas com outras encontradas em arquivos públicos, prefeitura e órgãos de habitação do Estado.

Com o estudo, foi possível observar como a política de conjuntos habitacionais foi importante para melhorar a condição de vida da população de baixa renda, tendo em vista que esta vivia em áreas insalubres e favelas, resolvendo-se, assim, em alguma medida seu problema de moradia.

Os bairros Dirceu Arcoverde I e II foram exemplos de conjuntos habitacionais que, com o decorrer dos anos, foram recebendo investimentos de infra-estrutura tanto por parte do Estado quanto do município, o que era de suma importância para que fossem solucionados vários dos problemas que apresentavam. Isso resultou no melhoramento econômico da região, bem como sua popularização, que foi ponto chave para o desenvolvimento de muitas outras ocupações em sua redondeza, favorecendo o nascimento de bairros e vilas. Este aglomerado fez surgir o que hoje é conhecido como zona Sudeste de Teresina, popularmente conhecida como “Grande Dirceu”. Aliando estes fatores aos vários benefícios de infra-estruturas recebidas pela região, esta adquiriu um caráter de subcentralidade urbana, atrelado a um processo de compactação urbana.

Atualmente, a subcentralidade é uma tendência em todo meio urbano, que tende a solucionar problemas como transporte, energia e de viés econômico, descentralizando os serviços da cidade, e configurando sentidos de um urbanismo sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOLINÁRIO, F. **As dimensões da pesquisa**. In: Metodologia cientifica- Filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Thomson Leaning, 2006, pp. 59-72.

BONDUKI, N. **Origens da habitação social no Brasil. Arquitetura moderna, Lei do Inquilinato e difusão da casa própria**. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.

BRITO, F.; SOUZA, J. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. São Paulo **Perspec**. [online]. 2005, vol.19, n.4, pp. 48-63..

CASTELLS, M. **A questão urbana**. 3. ed. Tradução de Arlene Caetano. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.
CHOAY, F. **O urbanismo**: utopias e realidades, uma antologia. São Paulo: Editora Perspectiva, 2005.

COHAB constrói mais de 7 mil casas no Estado. Jornal O DIA, Teresina, 15 mar. 1977a. P. 12.

COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO PIAUÍ – COHAB – PI, Aviso Concorrência nº 01/77. Jornal O DIA, Teresina, 29 abr. 1977b. P. 7.

CONCLUÍDA ponte de acesso ao conjunto D. Arcoverde. Jornal O DIA, Teresina, 13/14 jul. 1980c.

CORRÊA, Roberto Lobato. Estudos sobre a rede urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

DIRCEU Arcoverde ganha Defensoria. Jornal O DIA, Teresina, 07 jul. 1990.

DIRCEU e as infra-estruturas. Jornal O DIA, Teresina, 18/19 dez. 1977e.

FAMÍLIAS receberão lotes para o cultivo. Jornal O DIA, Teresina, 23 jan. 2000b.

FIRMINO realiza caminhada no Dirceu I. Jornal O DIA, Teresina, 12 ago. 2000f. P. 3.

GIDDENS, Anthony. **Sociologia**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

GOOGLE. Google Earth. 1984. Teresina, Brasil. Disponível em: Google Earth. Acesso em: 15 mar. 2017a.

GOOGLE. Google Earth. 2017. Teresina, Brasil. Disponível em: Google Earth. Acesso em: 15 mar. 2017b.

GRANDE Dirceu terá um novo mercado público. Jornal O DIA, Teresina, 14 mar. 2000d.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados censitários do município de Teresina. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

ITARARÉ: uma cidade está se erguendo em Teresina. Jornal O DIA, Teresina, 20 ago. 1977c.

LEFEBVRE, H. **A revolução urbana**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 1999.

LIMA, P. H. G. A ocorrência de Policentralidade em Teresina - PI: a formação de um subcentro na região Sudeste. Tese (Doutorado em Geografia) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, 2011.

LOJKINE, J. **O estado capitalista e a questão urbana**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

MAIA, Doralice Sátyro. Habitação popular e o processo de periferização e de fragmentação urbana: uma análise sobre as cidades de João Pessoa-PB e Campina Grande-PB. **Geosul**, Florianópolis, v. 29, n. 58, p 89-113, jul./dez. 2014.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades**: alternativas para a crise urbana. Petrópolis: Vozes, 2001.

MAY, T. **Pesquisa social**: questões, métodos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2004.

NESTA página começa um novo capítulo da história do Piauí. Jornal O DIA, Teresina, 17 out. 1980. P. 8.

PIAUÍ. GOVERNO DO ESTADO. Companhia de Habitação do Piauí. Unidades Construídas pela Cohab-PI, período 1970-1998. Teresina: Cohab, 2001.

PRAZO no Itararé está quase no fim. Jornal O DIA, Teresina, 02 ago. 1977d.

SANTOS, Milton. **Metrópole corporativa fragmentada**: o caso de São Paulo. São Paulo: Nobel: Secretaria de Estado da Cultura, 1990.

SOLUCIONADO problema de água no Dirceu Arcoverde. Jornal O DIA, Teresina, 18 dez. 1980b.

SPOSITO, M. E. B (org). **Capitalismo e urbanização**.10. ed. São Paulo: Contexto, 2000. (Repensando a Geografia).

TETO do Bando do Estado está reconstruído. Jornal O DIA, Teresina, 18 jul. 2000e.

VILA-BAIRRO eleito entre os melhores projetos. Jornal O DIA, Teresina, 14 jun. 2000a.

ZONA sudeste receberá obras de melhoria na infra-estrutura. Jornal O DIA, Teresina, 15 jul. 2000c.

424. ESTRATÉGIAS DE DESENHO URBANO SENSÍVEL À ÁGUA PARA MORADIA POPULAR: UMA PROPOSTA PARA A OCUPAÇÃO SOLANO TRINDADE - DUQUE DE CAXIAS - RJ

*Silva, Aline Alves Barbosa *[1](aline.alves.bar@gmail.com); Dias, Andressa da Silva Pereira (andressasilvadias1@gmail.com)*[2] ; Ottoni, Maria Luiza Souza Oliveira*[3] (maluottoni21@gmail.com); Almeida, Nicole Abreu Reis Vargas*[4](nicolearvdealmeida@gmail.com); Rodrigues, Rayan*[5] (rodrigues.rayan@gmail.com); Canalli, Sâmara Viana*[6] (samaracomacento@gmail.com); Britto, Ana Lucia *[7] (anabrittoster@gmail.com)*

[1]Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ), Brasil
[2]Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ), Brasil
[3]Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ), Brasil
[4]Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ), Brasil
[5]Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ), Brasil
[6]Programa de Pós-Graduação em Urbanismo - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROURB -FAU-UFRJ), Brasil

RESUMO

Diferentes estudos e pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Estudos de Águas Urbanas (LEAU) do PROURB têm buscado a ampliação do debate sobre a construção da cidade valorizando a perspectiva do Desenho Urbano Sensível à Água, debate este fomentado a partir do programa WSUD (Water Sensitive Urban Design) australiano. Ao pensar o desenho urbano a partir das estratégias de sensibilidade hídrica, procura-se estabelecer uma urbanização que valorize os aspectos ambientais e que também esteja em conexão com o modelo de sociedade, incentivando e reconhecendo a aproximação entre o modo de vida das pessoas e as águas. A ocupação Solano Trindade, organizada pelo Movimento Nacional de Luta pela Moradia, está localizada no bairro de São Bento, Duque de Caixas - RJ, sendo a posse do terreno de 45.000 m2 cedida pela União. A região onde está localizada a ocupação sobre com problemas de inundações, com abastecimento de água intermitente e com ausência de sistemas para coleta e tratamento de esgotos sanitário. O trabalho buscou levantar as estratégias de uso sustentável da água, seguindo os princípios e perspectivas do WSUD, que poderiam ser aplicadas nas edificações e no espaço urbano da ocupação Solano Trindade, que deve abrigar aproximadamente 100 famílias. O trabalho buscou ainda debater e analisar a viabilidade de execução de tais estratégias tendo em vista as condições de gestão local e comunitária e os aspectos econômicos envolvidos, sendo definidos três tipos de solução: mini cisterna para aproveitamento de água de chuva, manutenção da permeabilidade do solo e introdução de um sistema de wetlands.

Palavras-chave: desenho urbano sensível à água, aproveitamento de água de chuva, wetlands, drenagem sustentável, habitação social.

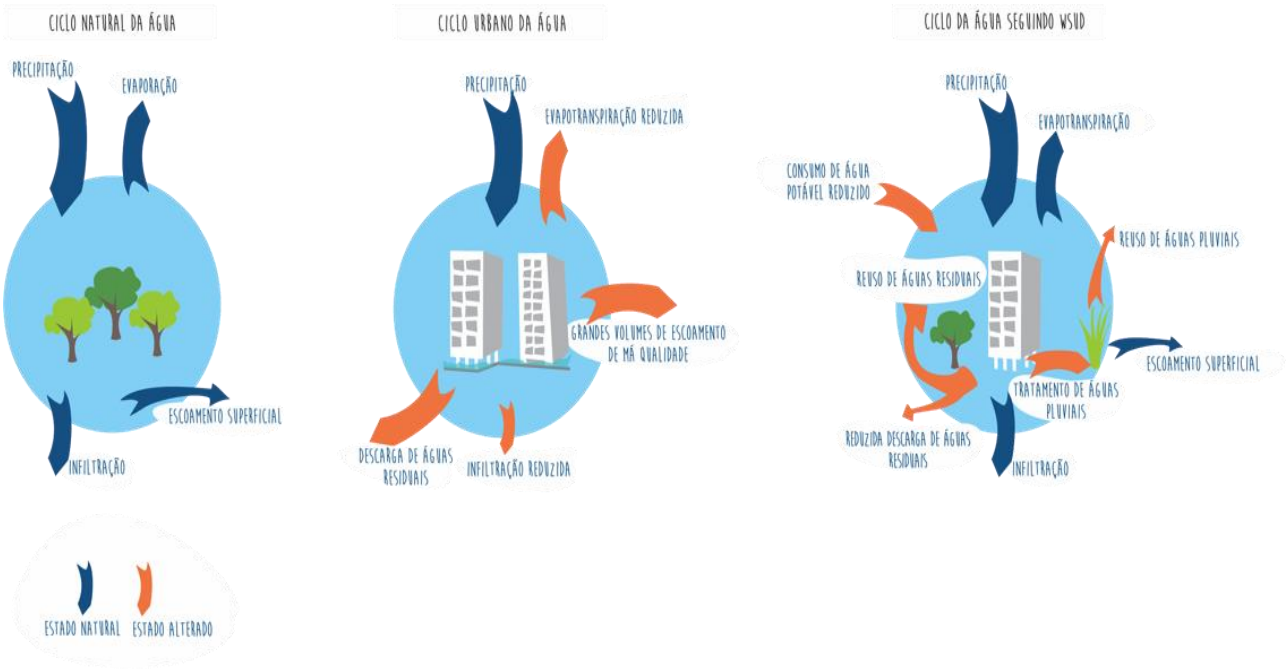
STRATEGIES OF WATER SENSITIVE URBAN DESIGN FOR POPULAR HOUSING: A PROPOSAL FOR SOLANO TRINDADE OCCUPATION - DUQUE DE CAXIAS - RJ

ABSTRACT
Different studies and research developed at PROURB's Urban Water Studies Laboratory (LEAU) have sought to broaden the debate on the construction of the city by highlighting the perspective of Urban Water Sensitive Design, a debate promoted by the WSUD (Water Sensitive Urban Design). When thinking about urban design based on water sensitivity strategies, we seek to establish an urbanization that values environmental aspects and that is also in connection with society, encouraging and recognizing the approximation between people's way of life and water. The Solano Trindade occupation, organized by the National Movement for Struggle for Housing, is located in the district of São Bento, Duque de Caxias - RJ, and the land of 45,000 m² was ceded by the Union. The region where the occupation is located suffers Problems with intermittent water supply and lack of systems for collection and treatment of sanitary sewage. The work sought to raise the strategies for the sustainable use of water, following the principles and perspectives of the WSUD, which could be applied in the buildings and urban space of the Solano Trindade occupation, which should house approximately 160 families. These strategies include reuse of rainwater with a simplified low-cost system, sustainable drainage, and treatment of sewage through wetlands. The work also seeks to analyze the feasibility of implementing such strategies in view of local and community management conditions and the economic aspects involved. Three types of solutionwere defined: mini cistern for rainwater reuse, soil permeability and introduction of a wetlands system
Keywords: Water Sensitive Urban design, rainwater harvesting, wetlands, sustainable drainage, social housing.

1. INTRODUÇÃO

Buscando contribuir para a construção do debate sobre a valorização das águas no meio ambiente urbano, o Laboratório de Estudos de Águas Urbanas (LEAU) do PROURB vem produzindo pesquisas e estudos relacionados à perspectiva do Desenho Urbano Sensível à Água, que se fundamentam no WSUD (Water Sensitive Urban Design) de origem Australiana (HOYER et al, 2011; LANGEBACH; ECKART e SCHRÖDER, 2008; WONG,206). Seguindo os princípios do WSUD, procura-se fazer uso de um desenho urbano que não somente incentive a preservação dos aspectos do ambiente natural, mas que também promova caminhos de aproximação das pessoas com as águas urbanas, ao mesmo tempo em que mantenha a valorização dos aspectos socioeconômicos e culturais das relações entre os citadinos e as águas. Essa abordagem analisa seis principais premissas para seu pleno sucesso em um projeto urbano: sensibilidade à água, estética, funcionalidade, usabilidade, percepção e aceitação públicas e participação interdisciplinar integrativa no processo de projeto. Através das mesmas, pode-se então analisar projetos urbanos quanto a sua aproximação ou distanciamento desses princípios. Além desses pontos a serem considerados, a teoria do WSUD também sugere algumas estratégias para aumentar a infiltração da água no solo, mitigar o problema de enchentes e faltas d'água, recuperar a ligação entre a sociedade e os rios, aumentar a participação popular nas discussões para tomada de decisões em projetos urbanos e manutenção dos mesmos (VEROL, 2013).

Figura 1. Ciclos natural, urbano e segundo WSUD da água



São exemplos de estratégias que podem ser utilizadas em ambientes urbanos: a implementação de jardins de chuva nas áreas livres dos terrenos; o uso de trincheiras de infiltração; a substituição, quando possível, de pavimentação impermeável por pavimentos drenantes; a aplicação de coberturas verdes nas edificações; a captação e aproveitamento de águas pluviais recolhidas de telhados; a construção de bacias de detenção e retenção nos ambientes públicos (como parques lineares e praças); e o uso de Wetlands como uma alternativa de tratamento de esgoto secundário antes do seu lançamento em corpos hídricos.

Recentemente, quando o LEAU se engajou, em conjunto com outras entidades interessadas, no desenvolvimento do projeto de pesquisa-extensão “Inovações tecnológicas para o bem estar urbano: a ocupação Solano Trindade, em Duque de Caxias (RJ)”, foi observada a oportunidade de elaboração de um projeto de urbanização a partir da perspectiva do WSUD. A ocupação em estudo, promovida pelo Movimento Nacional de Luta pela Moradia (MNLM) está localizada em um terreno de aproximadamente 48.000m², antes pertencente ao Centro Pan Americano de Febre Aftosa, situado no bairro São Bento, no município de Duque de Caxias, na Baixada Fluminense. O terreno pertencia a União e a posse foi dada ao MNLM. Foram identificadas no terreno áreas de fragilidade ambiental relacionadas às águas o que motivou os pesquisadores do LEAU a atuar com a perspectiva do WSUD no desenvolvimento do futuro projeto de desenho urbano da área.

2.OBJETIVO

Busca-se propor estratégias de projeto urbano que baseadas nos preceitos do WSUD, para uma área de habitação de interesse social, que demanda projetos de baixo custo, em um local com condições adversas tanto naturais quanto de infraestrutura. Estas estratégias incluem: o uso de águas pluviais para fins não potáveis; drenagem urbana sustentável para mitigação de inundações, decorrentes da estrutura do terreno - em baixada com um lençol freático alto (próximo a superfície) -, a revitalização dos canais que passam dentro do terreno.

Outra diretriz do trabalho é propor um sistema de wetland integrado com fossa séptica e filtro como uma alternativa mais sustentável para o tratamento do esgoto na região, que não possui rede de coleta e tratamento. Como uma estratégia complementar, o resíduo da poda das espécies vegetais da wetland também poderá ser reaproveitado para gerar adubo para a horta comunitária demandada pelos futuros moradores do terreno, através da prática da compostagem e para atividades artesanais.
Considera-se a viabilidade de execução das estratégias citadas acima, tendo em vista as condições de gestão local e os aspectos sócio econômicos envolvidos (população de baixa renda, forte mobilização social apoiada pelo MNLM e por equipes da UFRJ).
Assim, pretende-se identificar soluções que sejam claramente desejáveis para a população local (através de sua participação ao longo do processo, em debates e nas tomadas de decisões), e que ao mesmo tempo estejam integradas com o meio ambiente e sejam economicamente viáveis, considerando esse caminho como uma alternativa para áreas de habitação social, que normalmente adotam sistemas de saneamento tradicionais.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A primeira etapa para desenvolver esse estudo se deu por meio de pesquisa bibliográfica para embasamento teórico nos seguintes temas: Desenho Urbano Sensível à Água (WSUD - Water Sensitive Urban Design), Cidades Sensíveis à Água, Cidades Resilientes, Requalificação Fluvial, Desenvolvimento de Baixo Impacto, Drenagem Urbana Sustentável.
A etapa seguinte de nossa metodologia de pesquisa foi reunir as referências e sistematizar as soluções referentes ao uso de água de chuvas, alternativas para sistemas de esgotamento sanitário, considerando que o bairro não possui rede de coleta e tratamento de esgotos e sofre com intermitência no abastecimento. Foram realizadas visitas ao local para reconhecimento e estudo do terreno. Foi elaborado um levantamento e mapeadas as condições da área: edificações existentes, canal, áreas vegetadas, e traçada uma planta de situação do local. A partir daí foram identificadas algumas propostas de intervenção na área livre do terreno para promover soluções que minimizem os problemas de enchentes e falta d'água na região, trazendo o conceito de sensibilidade à água, propondo estratégias de baixo custo acessíveis à população de baixa renda. O objetivo de complementar o projeto de habitações de interesse social, já em fase de estudo e desenvolvimento pelo laboratório CiHabE – Cidade, Habitação, Educação (PROURB-UFRJ), parceiro do LEAU neste projeto, com estratégias de urbanização sustentável para a área livre do terreno. Considerando que o projeto do CiHabe e as discussões com os moradores indicaram a construção de unidades de habitação unifamiliares foram levantadas soluções de baixo custo para aproveitamento de água de chuva nesse tipo de edificação.
Posteriormente, foram apresentadas as propostas para a população local, visando a apreciação e um melhor entendimento das mesmas por parte da comunidade, como explicita uma das premissas do Design Urbano Sensível à Água. Dessa forma, buscou-se ao máximo entender as necessidades e desejos dos moradores atuais e futuros do local, para aproximar as propostas das reais vontades e carências de quem irá usufruir do projeto, e construir um sentimento coletivo de pertencimento e responsabilidade, fundamental para o êxito do projeto, visto que, sua execução e manutenção dependerá em parte do trabalho voluntário dos moradores.
Nesse momento, houve a participação dos autores em debates, atividades, oficinas e palestras nas assembleias locais, e algumas caminhadas pelo terreno para inspeção do local, verificação da situação dos canais que margeiam o terreno, visto que estão intimamente ligados às estratégias que serão propostas, e mapeamento das construções existentes no terreno (Ver Figuras 2, 3 e 4).

Figura 2. Visita ao terreno



Figura 3. Canal de drenagem dentro do terreno



Figura 4. Apresentação das estratégias de projeto aos moradores

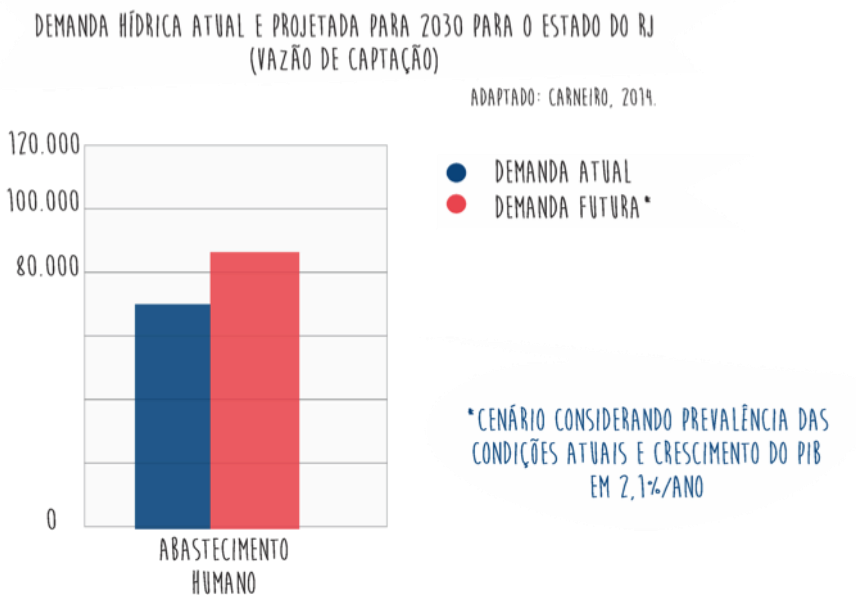


Como uma das propostas é uma gestão participativa, também é crucial que os moradores tenham qualificação para a constante e eficiente manutenção das mesmas. Para isso, foram elaboradas cartilhas explicativas - com ilustrações simplificadas das estratégias propostas, desenvolvidas pelos autores - mostrando as principais partes de cada sistema, como montá-los e como executar sua manutenção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

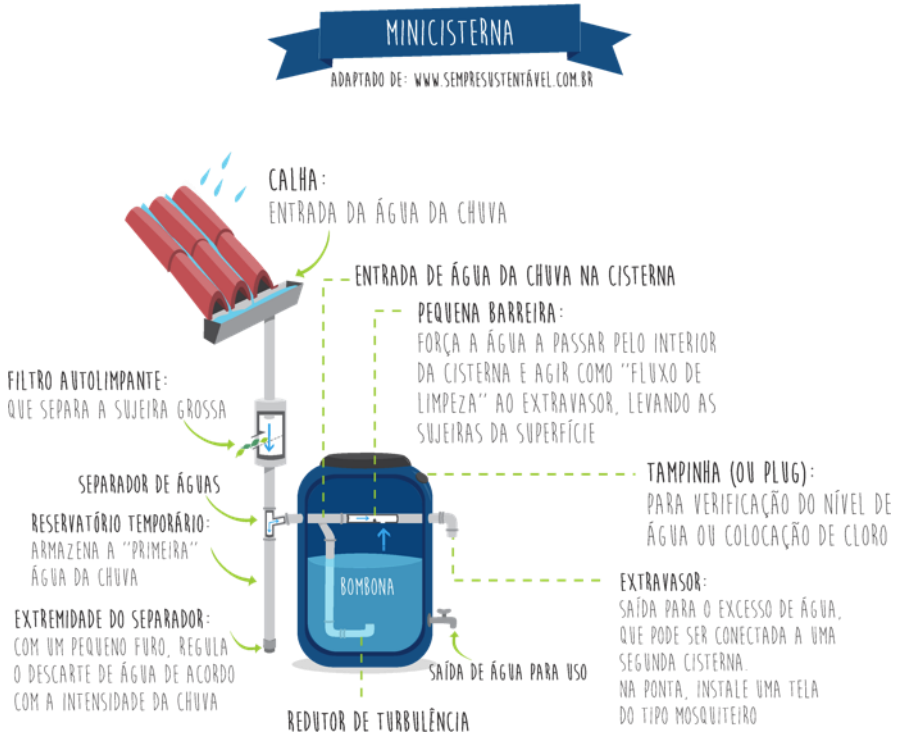
Duque de Caxias apresenta um cenário de abastecimento deficitário, em que o fornecimento de água potável é intermitente ou inexistente; atualmente no distrito de São Bento, onde está localizada a ocupação Solano Trindade, segundo dados do Censo do IBGE de 2010, 23 % dos domicílios não possuem acesso à rede de abastecimento de água. Com a projeção de aumento de demanda hídrica (ver Figura 5), sem que haja previsão de melhorias a curto e médio prazo para as áreas carentes do município de Duque de Caxias, alternativas ao sistema tradicional merecem um destaque na abordagem de projeto para uma população em situação de vulnerabilidade.

Figura 5. Projeção hídrica atual e projetada para 2030 para o Estado do RJ
Duque de Caxias tem entre 30% e 55% de moradores com abastecimento de água intermitente ou inexistente



Uma dessas alternativas foi optar pela captação e aproveitamento de águas pluviais coletadas de telhados, através da proposta de uma minicisterna projetada para residência urbana (ver Figura 7). Este equipamento criado pelo técnico Edison Urbano é composto por materiais simples, é de fácil execução e tem um custo relativamente baixo, se comparado com outros sistemas para o mesmo fim, variando de R$150,00 a R$300,00. Ele tem capacidade de armazenamento de até 200 litros por barril, sendo possível associar até 3 barris sem problemas e gera uma economia de até 50% na conta de água (SEMPRE SUSTENTÄVEL, 2014). Em diferentes países observa-se a difusão do aproveitamento de água de chuva para completar o abastecimento e como alternativa complementar para o manejo de águas pluviais. Estudo elaborado por Gouvello, Gerolin e Le Nouveau (2012), levanta experiências de aproveitamento de águas pluviais em diferentes países, mas indica que no Brasil o aproveitamento se faz sobretudo no meio rural. Acredita-se que a proposta traria uma experiência inovadora em área urbana.

Figura 7. Esquema de funcionamento de uma Minicisterna



Outro ponto importante é que, no município de Duque de Caxias, especificamente no bairro de São Bento, onde se localiza o projeto, o esgoto é despejado sem tratamento em corpos hídricos, o que prejudica, além dos ecossistemas existentes, a saúde da população. Dessa forma, o trabalho aprofundou-se nos estudos das propostas de intervenção de tratamento de esgoto por wetlands como elemento integrante de um ciclo fechado de produção, tratamento e reutilização dos resíduos sólidos orgânicos (ver figura 10). A proposta é, portanto, elaborar uma experiência piloto de um sistema descentralizado de tratamento de esgoto dentro deste projeto de condomínio de habitação de interesse social. A implementação de uma wetland serviria para tratar o esgoto secundário, através de plantas específicas, prevendo que o esgoto primário seria tratado anteriormente através da fossa e filtro). A escolha desse sistema específico de tratamento foi devido ao seu baixo custo de implantação e manutenção, a disponibilidade de área, bem como a simplicidade de operação, fatores cruciais a se pensar no contexto da região estudada. Além disso, wetlands retiram os agentes poluidores e melhoram a qualidade de água no pós–tratamento de esgotos, também sendo úteis na recuperação de corpos hídricos (SALATI FILHO, SALATI e SALATI, 2009; SEZERINO, 2015). Para isso, a implementação desse sistema viria juntamente com ações educadoras para orientar a população sobre como deve ser feita a manutenção do mesmo da melhor forma possível e também orientar sobre algumas precauções a serem tomadas, através de oficinas com a comunidade e desenvolvimento de panfletos didáticos. Destaca-se o potencial paisagístico do dessa estrutura junto com a ciclovia para as margens do canal que limita o terreno.

Além de propor a execução de estratégias de projeto urbano para mitigação de inundações no local, especificamente: uma quadra poliesportiva que funcione, nos momentos de chuva, com bacia de

detenção (ver Figura 11); coleta seletiva dos resíduos sólidos e compostagem dos resíduos sólidos orgânicos (ver Figuras 9 e 10); jardins de chuva; áreas verdes permeáveis; hortas comunitárias em forma de mandala; revitalização do canal degradado do terreno com passeio e ciclovia a sua margem (ver Figura 10).

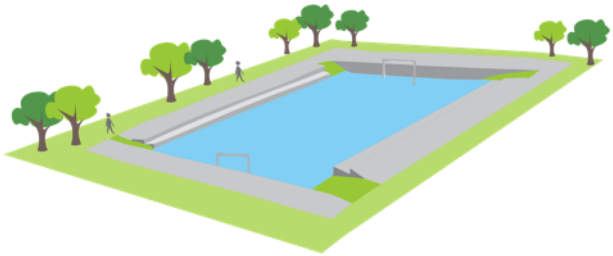
Figura 9. Ciclo fechado de resíduos sólidos orgânicos para ocupação Solano Trindade



Figura 10. Esquema do terreno da ocupação Solano Trindade e soluções a adotar



Figura 11. Bacia de Detenção e Quadra Poliesportiva



Tais propostas foram elaboradas a partir das discussões com a comunidade local através de visitas, reuniões e oficinas *in loco*, enfatizando a participação dos atuais e futuros moradores daquela ocupação. Durante as reuniões e oficinas foram distribuídos panfletos explicativos (especialmente desenvolvidos para esta comunidade e seu contexto local), além de exibição de vídeo sobre montagem de mini cisterna e muitos momentos de conversas, onde se procurava entender e incorporar nas propostas as demandas ali expostas.

Os atuais ocupantes do terreno e os futuros moradores inscritos para no projeto habitacional da ocupação Solano trindade se mostraram interessados e dispostos ao envolvimento na execução das soluções, visto que já sentem os transtornos gerados por um processo de ocupação urbana, que não considerou a questão das águas. Os participantes das oficinas relataram que muitos já sofreram com perdas materiais por inundações e que dependem de alternativas caras e/ou não

seguras de abastecimento de água, como compra de água de caminhões pipa, uso de poços rasos contaminados por esgoto, ou ligações clandestinas em adutoras da CEDAE.
Atualmente os esforços do grupo de pesquisa estão direcionados à busca de financiamento para realização do projeto completo de "bairro sustentável", aplicando todas as medidas propostas - não apenas para as mini cisternas e para o tratamento de esgoto por Wetlands - por meio de *crowdfundings* e agências de cooperação internacionais.
Os próximos passos serão oficinas práticas de montagem do sistema de coleta, filtragem e armazenamento de água da chuva para os moradores e também para famílias que vivem nas proximidades da ocupação.
Como uma das premissas de projeto, a equipe pretende unir forças e manter-se em constante diálogo com os outros grupos de trabalho envolvidos nessa causa da Ocupação Solano Trindade, de diversas disciplinas e áreas diferentes, para termos uma intervenção diversificada e atendendo às premissas de interdisciplinaridade do Desenho Urbano Sensível à Água.

5. CONCLUSÃO

Por meio da elaboração deste trabalho, foi possível aos autores discutir e verificar a viabilidade e aceitação de estratégias de Desenho Urbano Sensível à Água na Ocupação Solano Trindade, enfatizando de alternativas mais baratas e mais ecológicas para a região. Destaca-se que a maior parte dos projetos de habitação social, sobretudo os realizados no âmbito do programa Minha Casa Minha Vida não procuraram adotar soluções alternativas e sustentáveis para o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e o manejo de águas pluviais, limitando-se a replicar tecnologias tradicionais para o saneamento (Cardoso, 2013; Amore, Shimbo e Rufino, 2015). Como o local não possui rede de esgotamento sanitário e também apresenta abastecimento de água intermitente, as estratégias mais urgentes - e por isso foi o maior foco do trabalho foram as que atacavam mais diretamente esses problemas, como o uso de Wetlands para tratamento de esgoto secundário e o aproveitamento de águas pluviais para fins não-potáveis. Outras alternativas também propostas, que serão incorporadas no projeto urbanístico do bairro, foram: a implantação de jardins de chuva nas áreas livres, de bacias de detenção em áreas públicas de lazer, como quadra esportiva e praça. As ações de conscientização e capacitação dos moradores também foram, e estão sendo, parte extremamente importante do projeto. Trazer esse debate e essas responsabilidades para dentro da ocupação Solano Trindade é um ponto crucial para que os moradores da ocupação possam levar todas essas questões posteriormente para o restante do bairro de São Bento, replicando a experiência. As medidas adotadas no projeto, pensadas de forma a complementar, agem como um conjunto de estratégias interligadas que funcionam articuladas para potencializar os efeitos positivos no local, diminuindo a carga de água no solo e, minimizando dois graves problemas da região: as enchentes e também a falta d'água durante o período de estiagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORE, C. S, SHIMBO, L. Z. E RUFINO, M. B. C. Minha casa... e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros Rio de Janeiro, Letra Capital, 2015.

CARDOSO, A.L. O programa Minha Casa Minha Vida e seus efeitos territoriais. Rio de Janeiro, Letra Capital,2013.

GOUVELLO, B. GEROILN, A. LE NOUVEAU, N. Panorama international de l'utilisation de l'eau de pluie. Volume 1: études de cas. Paris, ONEMA, CSTB, LEESU, 2012.

HOYER, J., DICKHAUT, W., KRONAWITTER, L., WEBER, B. Water Sensitive Urban Design– Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future. Germany: HafenCity Universität Hamburg (HCU), 2011

LANGEBACH, H.; ECKART, J. , 2008, G. Water Sensitive Urban Design – results and principles. In: Proceedings of 3rd SWITCH Scientific Meeting Belo Horizonte, Brazil December 2008

SALATI FILHO, E.; SALATI, E. e SALATI, E. Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas para Tratamento de Águas Piracicaba/SP: Instituto Terramax - Consultoria e Projetos Ambientais LTDA, 2009. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/files/2011/12/sistema-wetlands.pdf. Consulta: 25/07/2016

SEMPRE SUSTENTÁVEL. Projeto Experimental de Aproveitamento de Água de Chuva com a Tecnologia de Minicisterna para Residência Urbana. Versão 1.2 (dez 2014). Disponível em: http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm Consulta: 04/07/2016

SEZERINO, P. H. Weltands Construídos horizontais aplicados no tratamento descentralizado de esgotos. Trabalho apresentado no 2º Simpósio Brasileiro sobre Wetlands Construídos. Curitiba, Brasil. 2015.Disponível em: http://2sw.ct.utfpr.edu.br/artigosaceitos.html Consulta: 25/07/2016

VERÓL, A. Requalificação Fluvial Integrada ao Manejo de Águas Urbanas para Cidades Mais Resilientes. (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE). Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2013

WONG, T.H.F. Water Sensitive Urban Design - The Journey Thus Far. Australian Journal of Water Ressources, V10, n.3, pp.213-222, 2006..

490. INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA POLUIÇÃO LUMINOSA DA ÁREA CENTRAL DE PORTO ALEGRE

ADOLPHO, Rachel Silveira[*1](rachel.adolpho@gmail.com); MARTAU, Betina Tschiedel[1](betina.martau@ufrgs.br)*
[1]Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

**Autor correspondente*

RESUMO
A poluição luminosa é um fenômeno decorrente da iluminação elétrica utilizada em períodos noturnos em intensidades ou direções inadequadas, alterando os padrões naturais de claro-escuro do ambiente. A poluição luminosa pode apresentar-se de quatro formas: brilho no céu, iluminação intrusiva, ofuscamento e desordem. Esse fenômeno ocorre em níveis mais elevados nas áreas centrais das cidades, resultado das inúmeras fontes elétricas no exterior, sendo a iluminação pública inadequada um dos elementos que mais contribuem para a poluição luminosa. A importância do tema reside basicamente nas implicações biológicas, ambientais e econômicas da questão, associadas ao fato de que a iluminação pública é um relevante componente da paisagem urbana. O presente artigo tem como objetivo verificar como a iluminação pública da área central de Porto Alegre contribui para a poluição luminosa, a partir da análise das características do sistema de iluminação empregado e do entorno. A área de estudo foi delimitada após levantamentos com registros fotográficos diurnos e noturnos, que indicaram a escolha dos quarteirões a serem analisados. A metodologia empregou um levantamento de campo das lâmpadas e luminárias, bem como levantamento documental dos projetos executados e especificações dos sistemas junto ao órgão responsável pela implementação da iluminação municipal. Uma análise da Norma Brasileira de Iluminação Pública (NBR 5101) estabeleceu os parâmetros a serem avaliados e a contribuição à poluição luminosa foi analisada a partir da fotometria fornecida pelos fabricantes, posição da luminária e temperatura de cor das fontes. Os resultados iniciais demonstraram que as quatro formas de poluição luminosa estão presentes no trecho analisado e que há aspectos a serem reavaliados no sistema de iluminação pública da área central de Porto Alegre para reduzir a poluição e qualificar o entorno.
Palavras-chave: Poluição Luminosa; Iluminação Pública; Porto Alegre

CONTRIBUTION OF PUBLIC LIGHTING IN THE LIGHT POLLUTION OF THE HISTORICAL DISTRICT OF PORTO ALEGRE

ABSTRACT
Light pollution is a phenomenon caused by electrical illumination used during nighttime with inadequate intensities or directions, changing the natural light-dark pattern of the environment. Light pollution can show itself in four ways: sky glow, light trespass, glare or light clutter. In the most cases, this phenomenon takes place in central urban areas, due to the many electrical light sources surrounding it, with inadequate public lighting being one of the most relevant variables contributing to light pollution. The relevance of this subject is mainly because its biological, environmental and economic implications, coupled with the fact that public lighting is an important factor in the urban landscape image. This paper aims to verify how public lighting in the central area of Porto Alegre contributes to light pollution, starting with an analysis of the lighting system characteristics and its

surroundings. The study area was delimited after mapping the area with nighttime and daytime photographic recordings that determined the specific blocks to be analyzed. The methodology used a field assess of lamps and luminaires, as well as the documentation of existing project and current lighting system specifications provided by the city`s local public lighting department. The Brazilian Public Road Lighting Norm (NBR 5101) established the parameters to evaluate the systems and the total contribution to light pollution was analyzed based on photometry data supplied by lighting companies, light source position and color temperature. Preliminary results showed that all four manifestations of light pollution are present in the analyzed area and that some aspects in the public lighting system of Porto Alegre's central area should be revised in order to avoid light pollution and improve the surrounding area.
Keywords: Light Pollution; Public Lighting; Porto Alegre

1. INTRODUÇÃO

A possibilidade de a luz elétrica causar danos ao ambiente foi verificada a partir de 1970 no campo da astronomia, que teve suas atividades prejudicadas pela redução da visibilidade do céu noturno (ELSAHRAGTY; KYM, 2015). Essa dificuldade de observação resulta da alteração dos padrões naturais de claro e escuro do ambiente, causada pelo efeito das inúmeras fontes que emitem luz para além da linha do horizonte. Denominada de poluição luminosa, pode ser originada pela utilização da iluminação em intensidades inadequadas ou mesmo em períodos ou locais em não seria necessária (CINZANO; FALCHI; ELVIDGE, 2001). O fenômeno tem quatro componentes: brilho do céu, iluminação intrusiva, ofuscamento e desordem. O primeiro é referente à mencionada incidência da luz no céu noturno, que reduz a visibilidade dos corpos celestes. Já a iluminação intrusiva é formada pela luz externa que invade ambientes internos em que não seria necessária. O ofuscamento, por sua vez, é o efeito que, dependendo do posicionamento e da intensidade da iluminação, pode cegar temporariamente motoristas e pedestres. A desordem é o uso de fontes sem critério, em número além do necessário (NARISADA; SHREUDER, 2004; INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

Atualmente, sabe-se que as consequências do problema extrapolam o campo da astronomia, estando relacionadas a alterações biológicas nos seres vivos e vultosos desperdícios econômicos (CINZANO, FALCHI; ELVIDGE, 2001). Em humanos, as alterações nos padrões naturais de claro e escuro podem dessincronizar o ciclo circadiano, que é período de aproximadamente 24 horas que orienta processos como a renovação celular e o metabolismo, sendo a luz sua principal variável influenciadora. A iluminação intrusiva em dormitórios, por exemplo, pode impedir o sono em escuro total, condição fundamental para manutenção correta do ritmo circadiano humano. Desse modo, o cérebro é confundido pela iluminação elétrica à noite, entendendo-a como a permanência do dia (MARTAU, 2009). Animais, entre eles os pássaros, se desorientam nos processos migratórios, e os peixes têm seus ciclos reprodutivos alterados também por não diferenciarem a iluminação natural da elétrica (LONGCORE; RICH, 2004). Além disso, estima-se que o gasto anual com a iluminação pública direcionada para além da linha do horizonte é da ordem dos três bilhões de dólares (FERNANDES; COELHO, 2010).

Embora a poluição luminosa possa ser oriunda de qualquer fonte artificial, mais da metade do problema é gerado pelos sistemas de iluminação pública de vias e rodovias (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012). Com isso, considera-se fundamental a análise desses sistemas, que em Porto Alegre estão sob responsabilidade da Divisão de Iluminação Pública (DIP), um setor submetido à Prefeitura Municipal. A cidade implementou em 2008 o programa "Porto Alegre + Luz", que tem entre as prioridades a substituição das antigas luminárias em vapor de sódio ou metálico

por sistemas com fontes em *Light Emitting Diodes* (LED) ou, em português, diodos emissores de luz (PMPA, 2014). Com alta eficiência energética e benefícios econômicos inegáveis, a utilização dessa tecnologia pode trazer consequências negativas em termos de conforto visual – por serem mais brilhantes – e de aumento da poluição luminosa - pelo espectro que contêm, como veremos a seguir.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo principal verificar de que modo a iluminação pública da área central da cidade de Porto Alegre contribui para poluição luminosa, considerando as quatro configurações do problema: brilho do céu, ofuscamento, iluminação intrusiva e desordem. Serão analisadas as variáveis de temperatura de cor, a curva fotométrica da luminária e os tipos de lâmpadas existentes no sistema de iluminação pública, por serem parâmetros de projeto indicados na Norma NBR 5101 Iluminação Pública (ABNT, 2012) e que têm relação direta com a poluição luminosa. Apresenta como objetivo secundário verificar se as características viárias da área central, como largura da via e do passeio, influenciam na poluição luminosa. Os efeitos da substituição dos sistemas existentes por novas tecnologias de LED também serão analisados.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa tem uma abordagem qualitativa, utilizando procedimentos de estudo de campo. Estruturou-se em três etapas e empregou os seguintes procedimentos:

3.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA: DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Partindo da afirmação de Walker (1973), referenciada por Narisada e Shreuder (2004), que relaciona os índices de poluição luminosa com a proximidade dos centros das cidades, e analisando medições do brilho do céu feitas por satélite e disponibilizadas online, como mostra a Figura 1, definiu-se que o foco do estudo seria um conjunto de quarteirões na área central da cidade de Porto Alegre. É importante salientar que essa medição é baseada na comparação do brilho dos corpos celestes com o brilho apresentado pelo céu noturno, de modo que seja possível aferir a interferência da luz artificial em relação às condições naturais de luz.

Figura 17. Mapa de brilho no céu da cidade de Porto Alegre



As áreas vermelhas representam maiores índices de brilho no céu e coincidem com a região central e entorno. Fonte: LIGHT POLLUTION MAP (2016)

O propósito dessa etapa foi fazer um recorte na área central, tendo como critério selecionar um trecho que apresentasse uso residencial ou misto (comercial e residencial), pois um dos objetivos

era analisar a ocorrência de iluminação intrusiva em residências, uma vez que esse é um dos fatores que mais podem gerar alterações no ritmo circadiano humano. O levantamento foi realizado entre os meses de março e maio de 2016, quando os pesquisadores percorram o centro da cidade em busca da confirmação da ocorrência da poluição luminosa dentro de um perímetro que atendesse aos critérios mencionados. Nessa etapa, considerou-se como poluição luminosa a presença de luminárias que permitissem emitir luz para além do horizonte, pela possibilidade de causar brilho no céu, ofuscamento e iluminação intrusiva. A partir dessa análise tipo *walkthrough*, foi definida a área limitada pelas seguintes vias: Rua Fernando Machado, Avenida Borges de Medeiros, Rua Riachuelo, Rua dos Andradas e Rua General Salustiano, conforme Figura 2.

Figura 2. Mapa área de estudo



O mapa apresenta os limites e quarteirões da área em estudo no centro de Porto Alegre.
Fonte: GOOGLE MAPS (2016)

3.2 PESQUISA DOCUMENTAL DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Realizou-se uma pesquisa junto à Divisão de Iluminação Pública de Porto Alegre (DIP) para que fossem fornecidas especificações sobre altura de montagem, temperatura de cor e curva fotométrica das luminárias instaladas na área de estudo. Esses parâmetros estão estabelecidos na NBR 5101 como variáveis a serem consideradas nos projetos de iluminação pública. Completando essa etapa, realizou-se entrevista com engenheiros da Seção de Projetos da DIP a fim de que fosse compreendido como os projetos de iluminação pública são elaborados e como é tratada a questão da poluição luminosa.

3.3 LEVANTAMENTO DE CAMPO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Essa etapa foi realizada entre os meses de setembro e novembro de 2016, durante o dia e a noite no trecho de estudo definido na etapa anterior. Os dados inicialmente coletados foram referentes à presença de luminárias classificadas como *non-cutoff*[1] *e* à ocorrência de iluminação intrusiva, considerada se as luminárias emitissem luz nas aberturas das edificações do entorno, como mostram as Figuras 3 e 4. Também foi feita a análise do tipo de lâmpada utilizada e a ocorrência de desordem, considerada pelo excesso ou falta de lógica na distribuição das luminárias, como mostram as Figuras 5 e 6. Todos os dados foram registrados em planta-baixa, contendo a sua localização e legenda da tipologia da luminária e fonte. Além disso, foram levantadas as dimensões

[1] Classificação de luminárias dada pela *Iluminating Engineering Society* (IES), que se refere a luminárias que emitem a luz em todas as direções.

referentes à largura do passeio e da via com trena de laser, para analisar se essas características viárias influenciavam na ocorrência da poluição luminosa.

Figura 3. **Luminária *non cut-off***



Uso de luminárias non-cutoff na Rua Duque de Caxias, Porto Alegre. Fonte: foto dos autores (2016)

Figura 4. Iluminação intrusiva



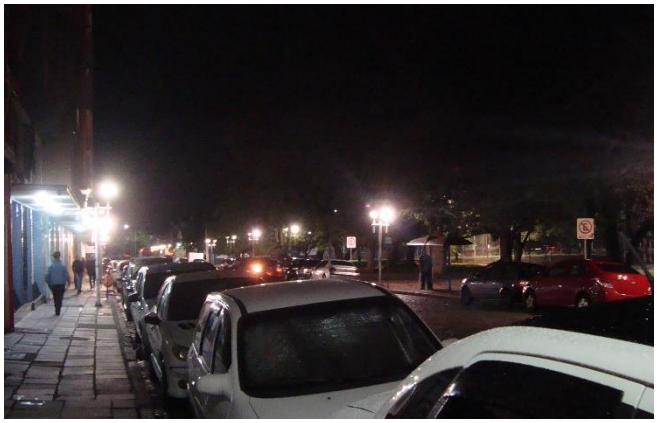
Ocorrência iluminação intrusiva na Rua Riachuelo, Porto Alegre. Fonte: foto dos autores (2016)

Figura 5. Luminárias com lâmpadas de vapor de sódio



Um dos tipos de lâmpada utilizado é vapor de sódio, Rua dos Andradas, Porto Alegre. Fonte: foto dos autores (2016)

Figura 6. **Luminárias localizadas sem padrão, caracterizando a Desordem**



Ocorrência de desordem e uso lâmpadas de vapor metálico em outro trecho da Rua dos Andradas, Porto Alegre. Fonte: foto dos autores (2016)

3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

Os dados referentes à presença de iluminação intrusiva e desordem foram registrados em planta-baixa considerando os locais de ocorrência, e posteriormente foram relacionados com o tamanho das vias e passeios. De acordo com a frequência que apareceram, foi verificado se haveria relação da sua ocorrência com as características viárias. Os dados referentes às luminárias foram interpretados dentro dos critérios estabelecidos pela *International Dark Sky Association*

(INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2011) como causadores de poluição luminosa, conforme Quadro 1.

Quadro 4. Variáveis analisadas relacionadas à poluição luminosa

Variável	Justificativa
Fotometria (Curvas fotométricas)	Evitar fachos de luz acima da linha do horizonte, pois são associados a todos os componentes da poluição luminosa
	Evitar luminárias *non-cutoff*, pois a emissão de luz em todas as direções contribui para o brilho no céu, ofuscamento e iluminação intrusiva
Temperatura de cor da fonte de luz (Kelvin)	Evitar fontes de LED acima de 4000 K, pois nessa faixa de cor o componente azul da luz se mistura com o brilho dos corpos celestes e contribui para o brilho no céu, além de influenciar no ofuscamento
Altura de montagem (Metros)	Evitar alturas abaixo dos 7 m, pois são agravantes para o ofuscamento dos pedestres

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PESQUISA DOCUMENTAL DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

4.1.1 Análise da fotometria

Foram encontradas luminárias de três tipos. As luminárias tipo 1 são históricas, com fontes em vapor de sódio, conforme mostra a Figura 7. A DIP não dispõe das curvas fotométricas desse modelo de luminária por ser antigo; entretanto, observa-se que é uma luminária *non-cutoff,* porque não se controla a direção da luz emitida, o que pode contribuir para todos os componentes da poluição luminosa.

Figura 7. Luminária tipo 1 durante o dia e noite, na Rua dos Andradas



Fonte: foto dos autores (2016)

As luminárias tipo 2 têm um estilo antigo com fontes em vapor metálico, Figura 8. Da mesma maneira que a luminária anterior, não há fotometria especifica disponível na DIP, mas se pode observar que, nesse caso, há controle da emissão de luz além da linha do horizonte, o que evita o brilho no céu e melhora a eficiência energética do conjunto.

Figura 8. Luminária tipo 2, durante o dia e noite, na Rua dos Andradas



Fonte: foto dos autores (2016)

As luminárias tipo 3 têm fontes em LED e, por serem mais recentes, apresentam controle na direção dos fachos de luz, não permitindo luminosidade acima da linha do horizonte, o que evita o brilho no céu, conforme Figura 9. Entretanto, ainda assim permitem a emissão de luz para a parte de trás, potencializando a iluminação intrusiva, Figura 10.

Figura 9. Luminária tipo 3, modelo utilizado e curva fotométrica.



Luminária do fabricante TECNOWATT, potência de 275W, modelo NATH L. Fonte: DIP (2016)

Figura 10. Luminária tipo 3, imagem noturna, na Rua Duque de Caxias, Porto Alegre



Fonte: foto dos autores (2016)

4.1.2 Análise da temperatura de cor

As luminárias tipo 1 têm temperatura de cor de 2800 K, emitindo uma luz de aparência morna que influi menos em todos os componentes da poluição luminosa. Desse modo, o fato de serem luminárias *non-cutoff* é atenuado pela baixa temperatura de cor das fontes. Já as luminárias tipo 2, embora tenham fontes com temperatura de cor de 4000 K, são consideradas dentro da faixa que

afeta menos o brilho no céu e ofuscamento. As luminárias tipo 3 têm fontes com temperatura de cor de 5000 K, emitindo uma luz branca fria com um forte componente azul no espectro, o que contribui para o ofuscamento e maior brilho no céu.

4.1.3 Análise da altura de montagem

As luminárias tipo 1 e tipo 2 têm alturas de montagens de 5 m e 3,50 m, respectivamente, o que é um agravante para o ofuscamento, porque a fonte de luz fica mais próxima do campo de visão dos usuários, já que a medida recomendada pela International Dark-Sky Association (2011) é de, no mínimo, 7 m. As luminárias tipo 3 são as que apresentam a maior altura de montagem - 8 m -, o que é positivo, pois medidas inferiores a essa prejudicariam o desempenho do sistema e potencializariam o ofuscamento, desordem e iluminação intrusiva. Entretanto, segundo a DIP, houve reclamação de ofuscamento por parte dos usuários e algumas luminárias tiveram seus braços encurtados após a instalação, o que alterou essa altura de montagem a dimensões que não foram registradas pela DIP.

4.2 LEVANTAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E DOS COMPONENTES DE POLUIÇÃO LUMINOSA

Quanto ao brilho do céu, constatou-se que a presença de luminárias *non-cutoff,* luminária 1, contribui para o brilho no céu, mas não se considerou que contribuíssem para os demais componentes devido à temperatura de cor das lâmpadas. Essas luminárias estão concentradas em uma das vias, a Rua dos Andradas, e em algumas praças, pois não foram substituídas no processo de modernização por serem luminárias históricas.

Quanto ao ofuscamento, observou-se que é potencializado pelas luminárias de LED, tipo 3, devido às altas temperaturas de cor e ao maior brilho gerado por esse tipo de fonte. Além disso, a utilização do mesmo padrão de luminária em todas as vias, independente da largura e do passeio, agrava a questão. Essas luminárias estão instaladas em praticamente toda a área estudada, à exceção dos equipamentos históricos preservados, que apresentam lâmpadas de vapor de sódio ou vapor metálico, sistemas que têm menor influência na poluição luminosa.

Quanto à iluminação intrusiva, verificou-se que é agravada nas vias menos largas, com dimensões inferiores a 8 m, e passeios estreitos (menores de 2 m), pois as edificações ficam mais próximas das fontes de luz, Figura 12. Essas informações foram compiladas em um mapa que relaciona largura das vias, tipos de luminárias e pontos de iluminação intrusiva, Figura 11.

Figura 11. Mapa com pontos de iluminação intrusiva, luminárias de LED e non-cut off



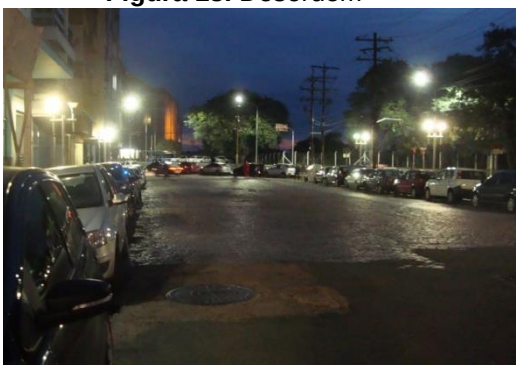
Fonte: foto autores (2016)

Figura 12. Iluminação intrusiva



Luminária 3 na Rua General Canabarro, Porto Alegre
Fonte: foto autores (2016)

Figura 13. Desordem



Luminária 2 na Rua dos Andradas, Porto Alegre
Fonte: foto autores (2016)

Quanto à desordem visual, é o aspecto da poluição luminosa mais complexo de ser mensurado, pois depende de um julgamento com um grau de subjetividade. Dessa maneira, considerou-se como desordem o excesso de pontos de iluminação e ausência de lógica compositiva na distribuição destes, fato observado na Rua dos Andradas, como mostra acima a Figura 13.

5. CONCLUSÃO

Embora a cidade de Porto Alegre esteja passando por um processo de modernização na sua iluminação pública, sendo implantados equipamentos mais eficientes energeticamente e, por isso, considerados mais econômicos e sustentáveis, observa-se que o novo sistema agrava os efeitos da poluição luminosa, fragilizando o atendimento do requisito sustentabilidade. A pesquisa, apesar de ainda em desenvolvimento, já evidencia que os aspectos negativos relacionados à iluminação de LED na área de estudo estão associados à sua elevada temperatura de cor, que está numa faixa que gera os maiores efeitos de brilho no céu e ofuscamento. Enquanto isso, as luminárias históricas, embora com menor eficiência energética, são as que menos impactam na poluição luminosa, o que conduz a um questionamento dos reais benefícios do novo sistema e da adequação das suas especificações técnicas. Consideramos que apenas o viés econômico da sustentabilidade está sendo atendido, mas o aspecto ambiental não. A busca pela economia é reforçada pelo aproveitamento da estrutura existente na implantação dessa nova iluminação, pois as luminárias foram dispostas nas mesmas distâncias das anteriores, apesar de as características fotométricas serem completamente diferentes. Além disso, observou-se que os equipamentos utilizados não consideram as particularidades do local em que são inseridos, havendo uma desproporção entre o que é utilizado e a largura de algumas pistas de rolamento e passeios, o que agrava a iluminação intrusiva nas edificações residenciais da área. Os resultados preliminares evidenciaram que, apesar do conhecimento estabelecido sobre o tema, a iluminação pública tem sido implementada nessa área de Porto Alegre sem considerar o controle da poluição luminosa, tendo um viés majoritariamente econômico. Embora exista um documento intitulado Plano Diretor de Iluminação Pública, que procura planejar a implantação dos sistemas de iluminação, este não contém regras suficientemente abrangentes para controlar a poluição luminosa, além da falta de controle e fiscalização do processo de implementação como um todo. Futuros estudos podem focar no processo de implementação dos sistemas de iluminação pública no sentido de buscar compreender

o porquê de os conhecimentos de pesquisa não estarem sendo transferidos à prática profissional e aos responsáveis pela gestão das cidades. Os resultados encontrados apontam a necessidade de criação de instrumentos que orientem a implantação da iluminação pública municipal considerando a redução da poluição luminosa como critério de projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo auxílio financeiro recebido para a pesquisa intitulada “A cidade que nunca dorme: implicações da poluição luminosa na saúde e bem-estar dos moradores de edifícios residenciais urbanos”, através da Chamada CNPq/ MCTI Nº 25/2015 Ciências Humanas, Sociais e Sociais Aplicadas, do qual este estudo faz parte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5101. Iluminação Pública, Rio de Janeiro, 2012.

CINZANO, P.; FALCHI, F.; ELVIDGE, C. The first world atlas of the artificial night sky brightness. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, V. 328, n. 3, p. 689-707, 2001.

ELSAHRAGTY, M.; KIM, J. Assessment and Strategies to Reduce Light Pollution Using Geographic Information Systems. Procedia Engineering, V. 118, p. 479-488, 2015.

FERNANDES, G.; COELHO, M. O impacto da poluição luminosa. Revista Especial Scientific American. V.3, n.3, p. 42-47, 2010.

GOOGLE MAPS. Disponível em:<htttps://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 10 out. 2016.

INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION. Fighting light pollution: smart lighting solutions for individuals and communities. Merchanicsburg: Stackpole Books, 2012. 180p.

INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION; INTERNATIONAL ENGENEERING SOCIETY. Model Lighting Ordinance, 2011. Disponível em:<http://darksky.org/our-work/public-policy/mlo/>. Acesso em: 10 nov. 2016.

LIGHT POLLUTION MAPS: Disponível em: <http://www.lightpollutionmap.info/>. Acesso em: 26 jul. 2016.

LONGCORE, T.; RICH, C. Ecological light pollution. Frontiers in Ecology and the Environment, V. 2, n. 4, p. 191-198, 2004.

MARTAU, B.T. A luz além da visão: iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e shopping centers em Porto Alegre. Campinas, 504 p., 2009. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.

NARISADA, K; SCHREUDER, D. Light pollution handbook. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2004. 934p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE: Disponível em: <http://*www2.portoalegre.rs.gov.br*>. Acesso em: 26 jul. 2016.

TECNOWATT. Disponível em: http://tecnowatt.com.br/sitev1/. Acesso em: 20 jul. 2016.



CASA LEIRIA
E-mail: casaleiria@casaleiria.com.br
Telefone: (51) 3589-5151
Rua do Parque, 470
CEP 93020-270 - São Leopoldo - RS - Brasil

REALIZAÇÃO: PROMOÇÃO: APOIO / PATROCÍNIO:

UNISINOS Escola Politécnica/ PPGEC

ANTAC

CAPES

CNPq

FAPERGS

CREA-RS



Casa Leiria