



Mix Sustentável

ISSN 2447-0899
ISSNe 2447-3073



UFSC

V6. N1 | 2020

MARÇO

VIRTUHAB | CTC | CCE

EDITORES

Lisiane Ilha Librelotto, Dra. (UFSC)
Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. (UFSC)

CONSELHO EDITORIAL

Aguinaldo dos Santos, UFPR
Amilton José Vieira de Arruda, UFPE
Andrea Jaramillo Benavides, UTE
Carlo Franzato, UNISINOS
Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha Bártolo, IPL
José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, IPE
Jorge Lino Alves, UP - INEGI
Lisiane Ilha Librelotto, UFSC
Miguel Aloysio Sattler, UFRGS
Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC
Rachel Faverzani Magnago, UNISUL
Roberto Bologna, UnIFI
Tomás Queiroz Ferreira Barata, UNESP
Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ

EQUIPE EDITORIAL

Andrea Salomé Jaramillo Benavides, MSc. (UFSC)
Luana Toralles Carbonari, MSc. (UFSC)

DESIGN

Natalia Geraldo (UFSC)

PERIODICIDADE

Four-monthly publication/Publicação quadrimestral

CONTATO

lisiane.librelotto@ufsc.br
ferroli@cce.ufsc.br

DIREITOS DE PUBLICAÇÃO

Lisiane Ilha Librelotto, Dra. (UFSC)
Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. (UFSC)

UFSC | Universidade Federal de Santa Catarina
CTC | Centro Tecnológico
CCE | Centro de Comunicação e Expressão
VirtuHab
Campus Reitor João David Ferreira Lima
Florianópolis - SC | CEP 88040-900
Fones: (48) 3721-2540
(48) 3721-4971

AVALIADORES

Adriane Shibata Santos, UNIVILLE, Adriano Heemann, UFPR, Aguinaldo dos Santos, UFPR, Albertina Pereira Medeiros, UDESC, Alexandre de Avila Lerípio, UNIVALI, Alfredo Jefferson de Oliveira, PUC-Rio, Alice Theresinha Cybis Pereira, UFSC, Almir Barros da S. Santos Neto, UFSM, Amilton José Vieira de Arruda, UFPE, Ana Karla Freire de Oliveira, UFRJ, Ana Lúcia Papst de Abreu, IFSC, Ana Maria Queiroz de Andrade, UFPE, Ana Thudichum Vasconcelos, ULisboa, Ana Veronica Pazmino, UFSC, Andréa Franco Pereira, UFMG, Arnaldo Debatin Neto, UFSC, Beany Guimarães Monteiro, UFRJ, Carla Arcoverde de Aguiar Neves, IFSC, Carla Cipolla, UFRJ, Carla Martins Cipolla, UFRJ, Carlo Franzato, Unisinos, Carlo Franzato, UNISINOS, Carlos Humberto Martins, UEM, Celso Salamon, UTFPR, Chiara Del Gaudio, Unisinos, Cinthia Malaguti, USP, Cristiano Alves, UFSP, Cristine do Nascimento Mutti, UFSC, Denise Dantas, FAU - USP, Dijon de Moraes, UEMG, Dulce de Meira Albach, UFPR, Eduardo Rizzatti, UFSM, Elvis Carissimi, UFSM, Fabiano Ostapiv, UTFPR, Fábio Gonçalves Teixeira, UFRGS, Fernanda Hansch Beuren, UDESC, Fernando Antônio Forcellini, UFSC, Fernando José da Silva, UFMG, Flávio Anthero Nunes Vianna dos Santos, UDESC, Germannya D'Garcia Araújo de Silva, UFPE, Germannya D'Garcia de Araújo Silva, UFPE, Giovani Maria Arrigone, SENAI, Glaucinei Rodrigues Corrêa, UFMG, Graeme Larsen, UNIVERSITY OF READING - UK, Gregório Jean Varvakis Rados, UFSC, Hans da Nóbrega Waechter, UFPE, Ignacio Guillén, UPV, Ione Maria Ghislene Bentz, Unisinos, Issao Minami, USP, Jacqueline Keller, SENAC, João Candido Fernandes, UNESP, Joel Dias da Silva, FURB, Karine Freire, Unisinos, Kátia Andréa Carvalhaes Pêgo, UEMG, Laura de Souza Cota Carvalho, UFMG, Leonardo Augusto Gómez Castillo, UFPE, Lia Buarque de Macedo Guimarães, UFRGS, Liliane Iten Chaves, UFF, Lisiane Ilha Librelotto, UFSC, Luciana de Figueiredo Lopes Lucena, UFRN, Luis Oliveira, WMG, Luiz Fernando Mahlmann Heineck, UFTCE, Marcelo de Mattos Bezerra, PUC-Rio, Marcelo Gitirana Gomes-Ferreira, UDESC, Marco Antônio Rossi, UNESP, Marco Aurélio Petrelli, UNIVALI, Maria Cecília Loschiavo dos Santos, USP, Maria Luiza Almeida Cunha de Castro, UFMG, Marli Teresinha Everling, UNIVILLE, Michele Tereza Carvalho, UnB, Miguel Aloysio Sattler, UFRGS, Neide Schulte, UDESC, Normando Perazzo Barbosa, UFPB, Paola Egert Ortiz, UNISUL, Paula Schlemper de Oliveira, UnB, Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC, Rachel Faverzani Magnago, UNISUL, Rafael Burlani Neves, UNIVALI, Raquel Gomes Noronha, UFMA, Regiane Trevisan Pupo, UFSC, Rita Engler, UEMG, Roberta Vieira Gonçalves de Souza, UFMG, Roberto de Oliveria, UFSC, Sérgio Ivan dos Santos, UNIPAMPA, Sérgio Manuel Oliveira Tavares, UP, Silvio Burattino Melhado, USP, Silvio Cezar Carvalho Prizibela, UFSC, Sonia Afonso, UFSC, Suzana Barreto Martins, UEL, Suzana Gueiros Teixeira, UFRJ, Sydney Fernandes de Freitas, UFRJ, Tomás Queiroz Ferreira Barata, UNESP, Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ, Virginia Pereira Cavalcanti, UFPE.

SOBRE O PERIÓDICO MIX SUSTENTÁVEL

O Periódico Mix Sustentável nasceu da premissa de que o projeto englobando os preceitos da sustentabilidade é a única solução possível para que ocorra a união entre a filosofia da melhoria contínua com a necessidade cada vez maior de preservação dos recursos naturais e incremento na qualidade de vida do homem. A sustentabilidade carece de uma discussão profunda para difundir pesquisas e ações da comunidade acadêmica, que tem criado tecnologias menos degradantes na dimensão ambiental; mais econômicas e que ajudam a demover injustiças sociais a muito estabelecidas.

O periódico Mix Sustentável apresenta como proposta a publicação de resultados de pesquisas e projetos, de forma virtual e impressa, com enfoque no tema sustentabilidade. Buscando a troca de informações entre pesquisadores da área vinculados a programas de pós-graduação, abre espaço, ainda, para a divulgação de profissionais inseridos no mercado de trabalho, além de entrevistas com pesquisadores nacionais e estrangeiros. Além disso publica resumos de teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso defendidos, tendo em vista a importância da produção projetual e não apenas textual.

De cunho essencialmente interdisciplinar, a Mix tem como público-alvo pesquisadores e profissionais da Arquitetura e Urbanismo, Design e Engenharias. De acordo com a CAPES (2013), a área Interdisciplinar no contexto da pós-graduação, decorreu da necessidade de solucionar novos problemas que emergem no mundo contemporâneo, de diferentes naturezas e com variados níveis de complexidade, muitas vezes decorrentes do próprio avanço dos conhecimentos científicos e tecnológicos. A natureza complexa de tais problemas requer diálogos não só entre disciplinas próximas, dentro da mesma área do conhecimento, mas entre disciplinas de áreas diferentes, bem como entre saberes disciplinares e não disciplinares. Decorre daí a relevância de novas formas de produção de conhecimento e formação de recursos humanos, que assumam como objeto de investigação fenômenos que se colocam entre fronteiras disciplinares.

Desafios teóricos e metodológicos se apresentam para diferentes campos de saber. Novas formas de produção de conhecimento enriquecem e ampliam o campo das ciências pela exigência da incorporação de uma racionalidade mais ampla, que extrapola o pensamento estritamente disciplinar e sua metodologia de compartimentação e redução de objetos. Se o pensamento disciplinar, por um lado, confere avanços à ciência e tecnologia, por outro, os desdobramentos oriundos dos diversos campos do conhecimento são geradores de diferentes níveis de complexidade e requerem diálogos mais amplos, entre e além das disciplinas.

A Revista Mix Sustentável se insere, portanto, na Área Interdisciplinar (área 45), tendo como áreas do conhecimento secundárias a Arquitetura, Urbanismo e Design (área 29), a Engenharia Civil (área 10) e, ainda, as engenharias em geral.

O periódico está dividido em seções, quais sejam:

- Seção científica – contendo pelo menos 12 artigos científicos para socializar a produção acadêmica, buscando a valorização da pesquisa, do ensino e da extensão.
- Seção graduação, iniciação científica e pós-graduação: divulgação de Teses, Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso na forma de resumos expandidos e como forma de estimular a divulgação de trabalhos acadêmico-científicos voltados ao projeto para a sustentabilidade.
- Seção mercadológica: espaço para Resenhas e Entrevistas (Espaços de Diálogo). Apresenta entrevistas com profissionais atuantes no mercado, mostrando projetos práticos que tenham aplicações na esfera da sustentabilidade. Deverá ainda disponibilizar conversas com especialistas em sustentabilidade e/ou outros campos do saber.

CLASSIFICAÇÃO QUALIS

Na classificação QUALIS/Capes 2015, a revista Mix Sustentável foi avaliada com:

- B5 nas áreas: Arquitetura e Urbanismo; Engenharias I, Engenharias III e Ciências Ambientais.
- B4 na área: Administração Pública e de Empresas, Ciências Contábeis e Turismo.

MISSÃO

Publicar resultados de pesquisas e projetos, de forma virtual e impressa, com enfoque no tema sustentabilidade, buscando a disseminação do conhecimento e a troca de informações entre acadêmicos, profissionais e pesquisadores da área vinculados a programas de pós-graduação.

OBJETIVO

Disseminar o conhecimento sobre sustentabilidade aplicada à projetos de engenharia, arquitetura e design.

POLÍTICAS DE SEÇÃO E SUBMISSÃO

A) Seção Científica

Contém artigos científicos para socializar a produção acadêmica buscando a valorização da pesquisa, do ensino e da extensão. Reúne 12 artigos científicos que apresentam o inter-relacionamento do tema sustentabilidade em projetos de forma interdisciplinar, englobando as áreas do design, engenharia e arquitetura.

As submissões são realizadas em fluxo contínuo em processo de revisão por pares. A revista é indexada em sumários.org e no google acadêmico.

B) Seção Resumo de Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação, Iniciação Científica e Pós-graduação

Tem como objetivo a divulgação de Teses, Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso na forma de resumos expandidos e como forma de estimular a divulgação de trabalhos acadêmico-científicos voltados ao projeto para a sustentabilidade.

C) Seção Mercadológica

É um espaço para resenhas e entrevistas (espaços de diálogo). Apresenta pelo menos duas entrevistas com profissionais atuantes no mercado ou pesquisadores de renome, mostrando projetos práticos que tenham aplicações na esfera da sustentabilidade. Deverá ainda disponibilizar conversas com especialistas em sustentabilidade e/ou outros campos do saber.

Todos os números possuem o Editorial, um espaço reservado para a apresentação das edições e comunicação com os editores.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO PELOS PARES

A revista conta com um grupo de avaliadores especialistas no tema da sustentabilidade, doutores em suas áreas de atuação. São 48 revisores, oriundos de 21 instituições de ensino Brasileiras e 3 Instituições Internacionais. Os originais serão submetidos à avaliação e aprovação dos avaliadores (dupla e cega).

Os trabalhos são enviados para avaliação sem identificação de autoria. A avaliação consiste na emissão de pareceres, da seguinte forma:

- aprovado
- aprovado com modificações (a aprovação dependerá da realização das correções solicitadas)
- reprovado

PERIODICIDADE

Publicação quadrimestral com edições especiais. São publicadas três edições regulares ao ano. Conta ainda com pelo menos uma edição especial anual.

POLÍTICA DE ACESSO LIVRE

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.

ARQUIVAMENTO

Esta revista utiliza o sistema LOCKSS para criar um sistema de arquivo distribuído entre as bibliotecas participantes e permite às mesmas criar arquivos permanentes da revista para a preservação e restauração.

ACESSO

O Acesso pode ser feito pelos endereços: <http://mixsustentavel.paginas.ufsc.br/> ou diretamente na plataforma SEER/OJS em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/>. É necessário acessar a página de cadastro, fazer o seu cadastro no sistema. Posteriormente o acesso, é realizado por meio de login e senha, de forma obrigatória para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhamento do processo editorial em curso.

DIRETRIZES PARA AUTORES

O template para submissão está disponível em:

<http://mixsustentavel.paginas.ufsc.br/submissoes/>. Todos os artigos devem ser submetidos sem a identificação dos autores para o processo de revisão.

CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

A contribuição deve ser original e inédita, e não estar sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, deve-se justificar em "Comentários ao editor".

O arquivo da submissão deve estar em formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF.

As URLs para as referências devem ser informadas nas referências.

O texto deve estar em espaço simples; usa uma fonte de 12 pontos; emprega itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL); as figuras e tabelas estão inseridas no texto, não no final do documento na forma de anexos.

Envie separadamente todas as figuras e imagens em boa resolução.

O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores e na página <http://mixsustentavel.paginas.ufsc.br/submissoes/>.

POLÍTICA DE PRIVACIDADE

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.

EDITORES, CONSELHO EDITORIAL E EQUIPE DE EDITORAÇÃO

Os editores são professores doutores da Universidade Federal de Santa Catarina e líderes do Grupo de Pesquisa VirtuHab. Estão ligados ao CTC – Centro Tecnológico, através do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – PósARQ e ao CCE – Centro de Comunicação e Expressão, através do Departamento de Expressão Gráfica, Curso de Design.

O Conselho Editorial atual é composto por onze pesquisadores, três deles vinculados à UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina e os demais pertencentes a outras oito Instituições à saber: UFPR, UFPE, UNISINOS, SENAI, UDESC, UNISUL, UNESP e UFRJ. Desta forma, oitenta e dois por cento (82%) dos membros pertencem a instituições diferentes que não a editora.

A editoração conta com o apoio de mestrandos e doutorandos do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – PósARQ/ UFSC, membros do Grupo de Pesquisa Virtuhab. Os trabalhos gráficos são realizados por estudantes do curso de design da UFSC.

O corpo de revisores do periódico é composto por quarenta e oito professores doutores cujos saberes estão distribuídos pelas áreas de abrangência do periódico. Destes, oito são professores pesquisadores da UFSC (17%) e o restante, oitenta e três por cento (83 %) pertencem ao quadro de outras 24 instituições Brasileiras e 3 instituições estrangeiras.

CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO DA EDIÇÃO

O conselho editorial definiu um limite máximo de participação para autores pertencentes ao quadro da instituição editora. Esse limite não excederá, para qualquer edição, o percentual de trinta por cento (30%) de autores oriundos da UFSC. Assim, pelo menos setenta por cento dos autores serão externos a entidade editora.



Mix Sustentável



FLORIANÓPOLIS
VIRTUHAB | CCE | CTC

ISSN 2447-0899
ISSNe 2447-3073



COPYRIGHT INFORMATION/INFORMAÇÕES DE DIREITO AUTORAL

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

SUMÁRIO

ARTIGOS

- 19** **ACV NO PROCESSO DE DESIGN: ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA FABRICAÇÃO DE ARGAMASSA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL** | *LCA IN THE DESIGN PROCESS: ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF MORTAR MANUFACTURING IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL* | Rafael da Rosa Selhorst, Thalís Henrique Duarte Barreto Nobre & Cristiano Alves
- 29** **ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM TERRA: FINALIZAÇÃO DO PROTÓTIPO EXPERIMENTAL EM BAMBU DA UFSC** | *EARTHBASE COVERING MORTARS: FINALIZATION OF THE UFSC BAMBOO EXPERIMENTAL PROTOTYPE S* | Alexandre Oliveira Vitor, Sumara Lisbôa & Lisiane Ilha Librelotto
- 45** **AGRICULTURA URBANA, DESIGN E SUSTENTABILIDADE: UM PANORAMA SOBRE A ALIMENTAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DE CENTROS URBANOS** | *URBAN AGRICULTURE, DESIGN AND SUSTAINABILITY: AN OVERVIEW OF FEEDING AND THE DEVELOPMENT OF URBAN CENTERS* || Thalita Barbalho, Rita Engler & Sebastiana Lana
- 53** **O USO DO ADOBE NO BRASIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA** | *THE USE OF ADOBE IN BRAZIL: A LITERATURE REVIEW* | Daniel Pinheiro Santos & Sofia Araújo Lima Bessa
- 67** **CDW QUANTIFICATION IN THE SEVERAL STAGES OF LIFE OF A BUILDING: IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF THE MAIN METHODS** | Rodrigo Kanno, Régis Pereira Waskow & Rejne Maria Candiota Tubino
- 77** **MOBILIÁRIO INFANTIL ORIENTADO AO COMPORTAMENTO SUSTENTÁVEL E LIVRE DA CRIANÇA** | *FURNITURE DESIGN AS A TOOL TO STIMULATE SUSTAINABILITY AND FREEDOM IN CHILDREN* | Júlia Lopes Kano, Tomás Queiroz Ferreira Barata & Maria José Canêdo Sanglard
- 91** **GEOTECNOLOGIAS COMO SUPORTE AO DIAGNÓSTICO DA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICOFLUVIAL DO BAIXO CURSO DO RIO PARAÍBA DO SUL** | *GEOTECHNOLOGIES TO SUPPORT THE DIAGNOSIS OF GEOMORPHOLOGICAL AND FLUVIAL DYNAMICS OF THE LOW COURSE OF PARAIBA DO SUL RIVER* | Dhiego da Silva Sales, Vicente de Paulo Santos de Oliveira & Jader Lugon Junior
- 105** **ENERGIA EÓLICA AEROTRANSPORTADA: UMA REVISÃO DA TECNOLOGIA** | *A REVIEW OF TECHNOLOGY AIRBORNE WIND ENERGY* | Anny Key de Souza Mendonça & Antonio Cezar Borna
- 123** **TEORIAS DE SISTEMAS CRÍTICOS PARA DIAGNÓSTICO DE GRUPOS SOCIAIS NO ÂMBITO DO DESIGN** | *CRITICAL SYSTEMS THEORIES FOR THE DIAGNOSIS OF SOCIAL GROUPS IN THE DESIGN FIELD* | Mariana Schmitz Gonçalves, Camilla Dandara Pereira Leite, Bruna Vilas Bôas da Silva Pontara, Claudio Pereira de Sampaio & Aguinaldo dos Santos
- 135** **DESIGN & O VIR A SER: FUNDAMENTOS DE EDUCAÇÃO E ECOLOGIA ORIENTADOS PARA UM MUNDO EM TRANSFORMAÇÃO** | *DESIGN & BECOMING: EDUCATIONAL AND ECOLOGICAL FUNDAMENTALS DRIVEN TO A CHANGING WORLD* | Mali Teresinha Everling, João Sobral & Anna Cavalcanti
- 145** **ACV SIMPLIFICADA E ANÁLISE DE EMISSÕES DE CO2 EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO ARQUITETÔNICA** | *STREAMLINE LCA AND ANALYSIS OF CO2 EMISSIONS IN ARCHITECTURAL SEALING SYSTEMS* | Thiago Augusto Corlaite Lana & Andréa Franco Pereira

TCC's

163 UMA COMPARAÇÃO ENTRE BIOCONSTRUÇÃO E CONSTRUÇÃO TRADICIONAL: ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL | Jamylly Ludimily Amorim Mello & Larissa Moraes Vieira

165 SETOR MOVELEIRO DE UBERLÂNDIA/MG: IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS E REDES | Júlia Souza Abrão

DISSERTAÇÕES

167 PROCESSOS AVALIATIVOS EM ESPAÇOS DE USO COLETIVO | Felipe Buller Bertuzzi & Grace Tibério Cardoso

169 PROJETO PAISAGÍSTICO PARA A REVITALIZAÇÃO DO ENTORNO DO CANAL DO ANIL, JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO | Denerson Jacob & Virginia Vasconcellos

171 INDEXAÇÃO E MAPEAMENTO DE EXEMPLOS PARA AS HEURÍSTICAS COMPILADAS DA TRIZ | Emanuela Lima Silveira & Marco Aurélio de Carvalho

173 FOOD DESIGN – UM ESTUDO SOBRE A OBESIDADE INFANTIL | Letícia Hilário Guimarães & Rita de Castro Engler

TESE

175 A SYSTEMS DESIGN APPROACH TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT: EMBRACING THE COMPLEXITY OF ENERGY CHALLENGES IN LOW-INCOME MARKETS | Jairo da Costa Junior, Jan Carel Diehl, Dirk Snelders & Fernando Secomandi

EDITORIAL

Longe do Brasil, enfrentando o famoso frio europeu e perto das festividades natalinas, há sempre uma pitada de saudades das belezas naturais e obviamente da gastronomia de nossa terra. Triste constatar que a maioria das notícias que chegam ao velho mundo retratam apenas um dos lados do Brasil, o que faz com que se tenha uma visão por vezes incorreta de nossas reais capacidades, especialmente no que se refere a ciência.

Portugal é um País lindo também. Cada cantinho traz algo especial, um mosteiro, um convento, um monumento. Tudo carregado de história. Um povo amigo e cordial. Não sei porque, mas a sensação é aquela de quando se visita a casa de nossos avôs, quando futricávamos na gaveta a revirar pelas descobertas de um selo antigo, uma carta, uma música, um disco em LP, um cantor, uma fotografia, um objeto que não conhecíamos, cheio de memórias e contos. Mas também tem seus problemas, sua personalidade, dos quais como netos, herdamos muita coisa. E muita coisa que acabamos por não herdar, talvez por ainda termos um pouco do ímpeto de um País jovem, perto deste avô milenar. Uma das coisas que parece não termos herdado é a resignação que senti aqui: as coisas são assim, e pronto!

Não se está dizendo que o Brasil não tem problemas; muito pelo contrário. O pior deles com certeza é a desigualdade. Contudo, parece haver uma tendência na maximização dos problemas latinos face aos grandes avanços dos autodenominados países desenvolvidos. Pelos menos no que se refere a questão ambiental (assunto aqui abordado pelo foco da revista). Os países desenvolvidos ainda estão devendo muito ao planeta, pois suas ações paliativas são quase insignificantes comparadas a tudo que já causaram ao meio ambiente. Por esse ponto, os países desenvolvidos estão aparentemente, e alguns efetivamente, mais "engajados" na preservação de nosso planeta. Não é um diferencial. É, antes de tudo, uma obrigação.

Percebemos aqui uma mortificante ausência de insetos. Os doces podem permanecer sobre a mesa, por horas a fio. Nem uma formiga para dar o ar da graça. Baratas? Não cheguei a ver por aqui. Moscas? De vez em quando uma dá o ar de sua graça. Portugal, por exemplo, é dito como um dos países europeus com maior diversidade de biomas. Há preocupação com a água e a medição da vazão dos rios, pois a maioria das nascentes ficam em países vizinhos que podem outorgar a água para outros usos. Assim percebemos aqui um silêncio, uma falta de algo, uma coisa assustadora que parece se converter na preocupação de que os países jovens e ricos em biodiversidade não cometam os mesmos erros. Tivemos sensação semelhante, certa feita, anos atrás ao contemplar a aridez das chamadas "terras férteis da Capadócia".

Certa vez conversando com um palestrante italiano que veio ao ENSUS a falar sobre os problemas no Brasil, ele interrompeu e disse: que problemas? Vocês me parecem ter os mesmos problemas que temos lá, nos países desenvolvidos. Prontamente enfatizamos nossa desigualdade. Diria até, pasmem, que a classe média brasileira vive melhor que a maioria dos europeus. Mas o que percebemos aqui é uma igualdade, em um patamar mais baixo. Estatisticamente falando, diria que nosso desvio padrão é muito maior, e nossa média também. Muitos aqui interrompem os estudos no segundo grau ou em cursos técnicos o que já lhe garante um salário quase igual ao do médico. A escolha da profissão é realizada cedo, pela preferência de não aprender mais do que a matemática, a química, a física e a geografia básica, conteúdos estes inexistentes conforme o curso selecionado. A igualdade é colocada em tudo aqui, até nas escolas, onde a regra é passar despercebido, discrição, não ser notado, ser igual. Ao contrário das terras tupiniquins onde educamos para a diferença, para a criatividade, para o destaque e o sucesso. Nossas casas são diferentes, nossas origens são diferentes, nossos comportamentos são diferentes e nossas cores também.

A produção científica Brasileira é impressionante. Principalmente na área da sustentabilidade. Nossas soluções são criativas. Estamos a frente em tecnologias, em incorporação de resíduos em novos materiais, em reciclagem de materiais, no uso e disponibilidade de materiais alternativos e pasmem, em tantas outras coisas. Talvez porque a dor ensina a gemer. Ah, mas não publicamos em inglês! Não temos a fixação pela publicação em inglês, nesta hegemonia que domina o mundo. Por isso, não somos tão relevantes. Não publicamos nas revistas pagas que alimentam o mercado editorial e que possuem, coincidentemente, a melhor qualidade. Será? Talvez falte nisto tudo um sentido de escala, de proporção ao avaliar o tamanho de nossas necessidades, ao tamanho de nossa população. As dificuldade obviamente devem ser comparadas nesta escala. Assim como a relevância de nossas publicações.

Quanto a essa publicação, mais uma que evidencia a relevância e qualidade de nossa produção científica na área da sustentabilidade, é a terceira edição especial vinculada ao evento SDS – Simpósio de Design Sustentável. O SDS começou a parceria com a MIX Sustentável já no segundo volume. Apenas um mês depois que lançamos a edição inaugural da revista, em outubro de 2015, foi lançada a edição especial do SBDS, evento que aconteceu no Rio de Janeiro (RJ).

A parceria continuou em 2017 com o lançamento da edição bilingue do SBDS + ISSD, referente ao evento de Belo Horizonte (MG). Agora, em 2019, vem de Recife (PE) a contribuição de 10 artigos selecionados entre as áreas do evento.

Juntamente com o ENSUS (Encontro de Sustentabilidade em Projeto), o SDS (Simpósio de Design Sustentável) mantém-se no objetivo de seus idealizadores, participantes e apoiadores como forma de mostrar ao mundo que apesar da carência de recursos, do oportunismo de alguns, da falta de uma política de apoio as ações relacionadas a sustentabilidade e tantos outros problemas, o Brasil tem condições de desenvolver pesquisas de ponta na área ambiental e segue fazendo. O conjunto de artigos aqui disponibilizados cancelam essa afirmação e por isso mesmo, convidamos todos à leitura.

Finalizamos agradecendo a todos que submetem seus artigos ao ENSUS, ao SDS e MIX Sustentável, desejando a todos boas festas e um ótimo 2020. Agradecemos em especial a comissão organizadora do SDS pois mais este voto de confiança.

LISIANE ILHA LIBRELOTTO E PAULO CESAR MACHADO FERROLI

EDITORES DA MIX SUSTENTÁVEL

ACV NO PROCESSO DE DESIGN: ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA FABRICAÇÃO DE ARGAMASSA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

LCA IN THE DESIGN PROCESS: ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF MORTAR MANUFACTURING IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL

RAFAEL DA ROSA SELHORST | UFSC

THALIS HENRIQUE DUARTE BARRETO NOBRE | UFRN

CRISTIANO ALVES, Dr. | UFSC

FELIPE LUIZ BRAGHIROLI | FURB

RESUMO

O uso da abordagem ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) no design é de grande ajuda para o desenvolvimento de novos produtos e serviços sustentáveis, sendo capaz de comparar o perfil ambiental de um produto em relação a outro existente, apoiar a tomada de decisão na concepção de produto ecoeficiente, avaliar alternativas de design, avaliar estratégias de melhoria em produtos, definir estratégias de marketing, pesquisa e desenvolvimento e inovação sustentável (LUZ et al, 2016). Desta forma, a partir de uma abordagem de design sustentável permite ao designer integrar na atividade projetual requisitos ambientais no desenvolvimento do produto, podendo assim, fortalecer a tomada de decisões e gestão do processo de desenvolvimento sustentável de produtos. Este artigo visa analisar e avaliar, por meio de ACV, os impactos ambientais causados no processo de fabricação de argamassa de uma empresa estudo de caso, localizada no Estado do Rio Grande do Norte. A ACV foi produzida utilizando do software SIMAPRO versão 8.5.2, as fronteiras do sistema definidas para a análise foram do “berço ao portão de saída”, ou seja, do processo de extração ao de distribuição, tomando como unidade funcional a produção diária de argamassa ACIII (tipo de argamassa), equivalente a dois mil sacos. Os resultados demonstram a importância da aplicação da ACV durante o processo projetual do design sustentável, apontando para o designer quais os principais impactos do processo, onde estão localizados e assim auxiliando a desenvolver soluções novas e mais assertivas. As análises também contribuem para a formulação de novas estratégias de sustentabilidade para a empresa como soluções de logísticas, reuso, subprodutos, redução de gastos energéticos ou substituição de componentes químicos, reciclagem.

PALAVRAS CHAVE: Avaliação de Ciclo de Vida; ACV; Sustentabilidade; Design Sustentável.

ABSTRACT

The use of the Life Cycle Assessment (LCA) approach in design is of great help for the development of new sustainable products and services, being able to compare the environmental profile of one product against another existing one, support decision making in eco-efficient product design, evaluate design alternatives, evaluate product improvement strategies, define marketing, research and development, and sustainable innovation strategies (LUZ et al, 2016). Thus, from a sustainable design approach allows the designer to integrate environmental requirements into product development into the design activity, thus strengthening decision making and managing the sustainable product development process. This article aims to analyze and evaluate, through LCA, the environmental impacts caused in the mortar manufacturing process of a case study company, located in the state of Rio Grande do Norte. The LCA was produced using SIMAPRO software version 8.5.2, the system boundaries defined for the analysis were from the “cradle to the exit



gate”, that is, from the extraction to the distribution process, taking as a functional unit the daily production of ACIII mortar (type of mortar), equivalent to two thousand bags. The results demonstrate the importance of applying LCA during the design process of sustainable design, pointing to the designer what are the main impacts of the process, where they are located and thus helping to develop new and more assertive solutions. The analyzes also contribute to the formulation of new sustainability strategies for the company such as logistics solutions, reuse, by-products, reduction of energy costs or replacement of chemical components, recycling.

KEY WORDS: *Life Cycle Assessment; LCA; Sustainable; Sustainable Design.*

1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Apesar do conceito de desenvolvimento sustentável já ter reconhecimento e importância na sociedade atual, que levou à Conferência Rio-92 e suas continuações, o mundo continua a buscar apenas o desenvolvimento econômico. Segundo a WWF (2018), atualmente os países do Hemisfério Norte, com apenas um quinto da população do planeta, possuem quatro quintos dos rendimentos mundiais e consomem 70% da energia, 75% dos metais e 85% da produção de madeira mundial.

Em paralelo, as sociedades do Hemisfério Sul tomam o Norte como objetivo definindo metas de PIB como o mais importante indicador de desenvolvimento da sociedade, sem considerar o fato de que tal expansão seria social e ambientalmente inviável, “o sistema capitalista de produção produz um desenvolvimento eminentemente insustentável” define Melo (2006), se referindo à forma como os sistemas de produção atualmente operam.

Segundo a WWF (2018) caso os países do Hemisfério Sul copiassem os padrões das sociedades do Norte, a quantidade de combustíveis fósseis consumida atualmente aumentaria 10 vezes e a de recursos minerais, 200 vezes. O desenvolvimento econômico é essencial para os países emergentes e mais pobres, como o Brasil, entretanto os fatores sociais e ambientais também devem ser considerados, como propõe o desenvolvimento sustentável.

“Aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades” é a atual definição para o conceito, de acordo com o Relatório Brundtland, em 1987 (BRANDÃO, 2012).

1.1. Design Sustentável

Sob a ótica do desenvolvimento sustentável na qual aquilo que é sustentável equilibra os fatores econômicos, sociais e ambientais de acordo com o Triple Botton Line (The Economist, 2009), o design surge com um papel importantíssimo. Segundo Leão (2003) o design de determinado produto, processo ou serviço é responsável por aproximadamente 60% dos impactos ambientais das atividades industriais. Desta forma, uma abordagem sustentável aplicada ao design permite ampla redução dos impactos ambientais e sociais, mantendo-se economicamente viável. Esta abordagem é conhecida como design sustentável.

Diferente do design tradicional, o design sustentável surge com uma abordagem caracterizada por adotar aspectos projetuais que o design tradicional atualmente não adota (ALVES, 2010; MANZINI E VEZZOLI, 2002). O Design Sustentável pode ser considerado como uma evolução do

processo de inovação utilizando as abordagens multidisciplinares de design no desenvolvimento de produtos e cujos objetivos consideram as variáveis socioambientais do projeto, além das variáveis técnicas e econômicas, comumente consideradas (ESTAREGUE, 2009).

Dentre as técnicas e abordagens utilizadas pelo Design Sustentável, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), é uma das ferramentas que melhor auxilia o projeto. Segundo Moreno et al. (2011) e Gmelin e Seuring (2014) a ACV avalia os impactos ambientais e de saúde humana associados ao ciclo de vida de um produto, processo ou serviço, desde o berço ao túmulo, tais como alterações climáticas, acidificação, eutrofização, toxicidade humana, uso da terra e depleção de recursos.

A ACV é capaz de comparar o perfil ambiental de um produto em relação a outro existente, apoiar a tomada de decisão na concepção de produto eco eficiente, avaliar alternativas de design, avaliar estratégias de melhoria em produtos, definir estratégias de marketing, pesquisa e desenvolvimento e inovação sustentável (LUZ et al, 2016). Luz (2016) também destaca que, “além de permitir a integração dos requisitos ambientais no desenvolvimento do produto, a ACV pode fortalecer a tomada de decisões e gestão do processo de desenvolvimento sustentável de produtos”.

1.2. Análise do Ciclo de Vida no Design Brasileiro

Como visto, o uso e a pesquisa de ferramentas como a ACV têm um papel importante para o desenvolvimento de novos produtos/processos sustentáveis. Apesar de sua importância, o Brasil ainda carece de estudos em ACV, como mostra o estudo de Luz et al (2014) com o ranking dos 10 países que mais desenvolveram estudos em ACV em comparação com o Brasil (figura 1).

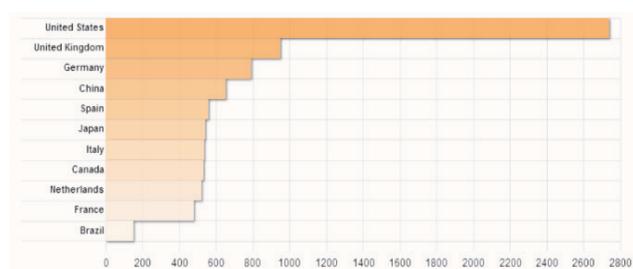


Figura 01 – Ranking Mundial
Fonte: Luz et al(2014).

Dentre 183 pesquisas em ACV realizadas no país desde 1997, quase 85% abordam aplicações de ACV em alguma área do conhecimento ou apenas a etapa do inventário de ciclo de vida (LUZ et al, 2014).

O cenário da ACV aplicada ao design se mostra ainda mais incipiente. Em pesquisa realizada por Selhorst et al (2017) aponta que atualmente a ACV é pouco utilizada no Design Brasileiro (figura 2), configurando cerca de 1,7% da produção de artigos relacionados à design nos principais congressos do setor nos últimos anos. Ainda, os resultados também apontam para o potencial de crescimento de pesquisas de ACV para o incremento dos projetos de design, aperfeiçoando assim a sustentabilidade dos mesmos (SELHORST et al, 2017).

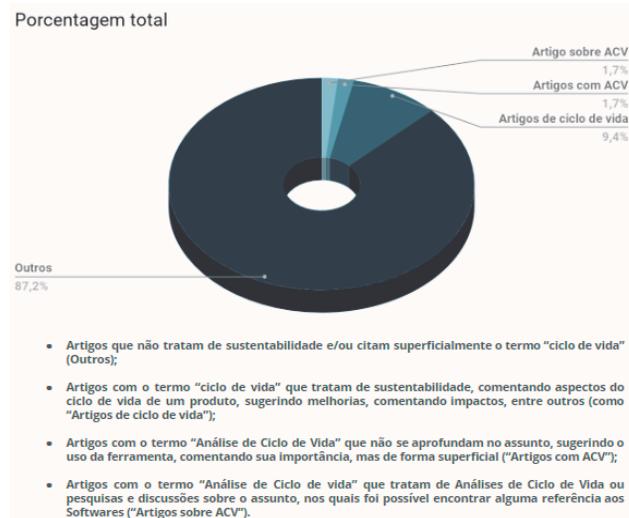


Figura 02 – Artigos de ACV no Design
Fonte: Selhorst et al(2017).

No contexto deste potencial crescimento, o setor de mineração, altamente impactante, vem aplicando ACV em sua cadeia de valor, a fim de reduzir os impactos de suas atividades. Assim, o design sustentável, juntamente com ACV, pode ser de grande valor agregado para o incremento ambiental desse setor.

1.3. Impactos no setor da construção civil: mineração

O setor de mineração implica em consumo elevado de recursos naturais e energia, o que conseqüentemente gera grandes quantidades de emissões gasosas, líquidas e sólidas, contaminantes do meio ambiente (CANCHUMANI, 2015). Impactos esses com potenciais danos sociais, haja visto os desastres ambientais causados pelos rompimentos das barragens de resíduos sólidos da mineradora vale do rio doce em Mariana em 2015 e Brumadinho em 2019. Assim, é de grande importância fazer o monitoramento do setor no que se refere às questões de seus impactos ambientais, tornando-se necessário conhecer, quantificar e qualificar os recursos utilizados, os resíduos gerados, assim como suas emissões (CANCHUMANI, 2015).

Dentre os impactos nas categorias de Saúde Humana, Ecossistemas e Consumo de Recursos, os principais que envolvem os processos de mineração são: Material Particulado, Mudanças Climáticas no Ecossistema, Depleção de Metais, Ocupação da Terra Agrícola, Ocupação de Terra Urbana, Transformação da Terra Natural e Depleção Fóssil (CANCHUMANI, 2015).

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é demonstrar a importância da aplicação da ACV durante o processo projetual do design, apontando para o designer os impactos para além do projeto do produto. Ainda, objetiva analisar e avaliar, por meio da ACV, os impactos ambientais causados no processo de fabricação de argamassa de uma empresa estudo de caso, localizada no Estado do Rio Grande do Norte.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa é resultado de uma parceria com a empresa Brasil Química e Mineração Industrial Ltda (BQMIL), localizada na cidade de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte (RN). A empresa é responsável pela maior produção de argamassa do estado, atendendo o setor de construção civil e petróleo e gás, e conta com a maior rede de distribuição e lojas de material de construção do RN e, atualmente, a empresa procura entender seus processos fabris a fim de desenvolver estratégias de redução de seus impactos ambientais. A ACV foi realizada em software SIMAPRO 8.5.2 e, como Unidade Funcional (UF), foi definida a produção de 30 toneladas (2000 sacos) de argamassa ACIII embalada, representando 22% da produção diária total que é de, aproximadamente, 135 toneladas (9.000 sacos de 15 kg). Tal argamassa é o produto de maior valor agregado da empresa e, portanto, definida como UF desse estudo, para a análise e compreensão de seus impactos ambientais. As fronteiras da ACV foram definidas desde a extração da matéria prima até a produção final do produto, também conhecida como "do berço ao portão de saída" e todos os inputs da modelação e da produção do produto, foram fornecidos pela empresa e/ou obtidos em literatura e base de dados Ecoinvent versão 3.3. As fronteiras do sistema estão definidas na figura 3.

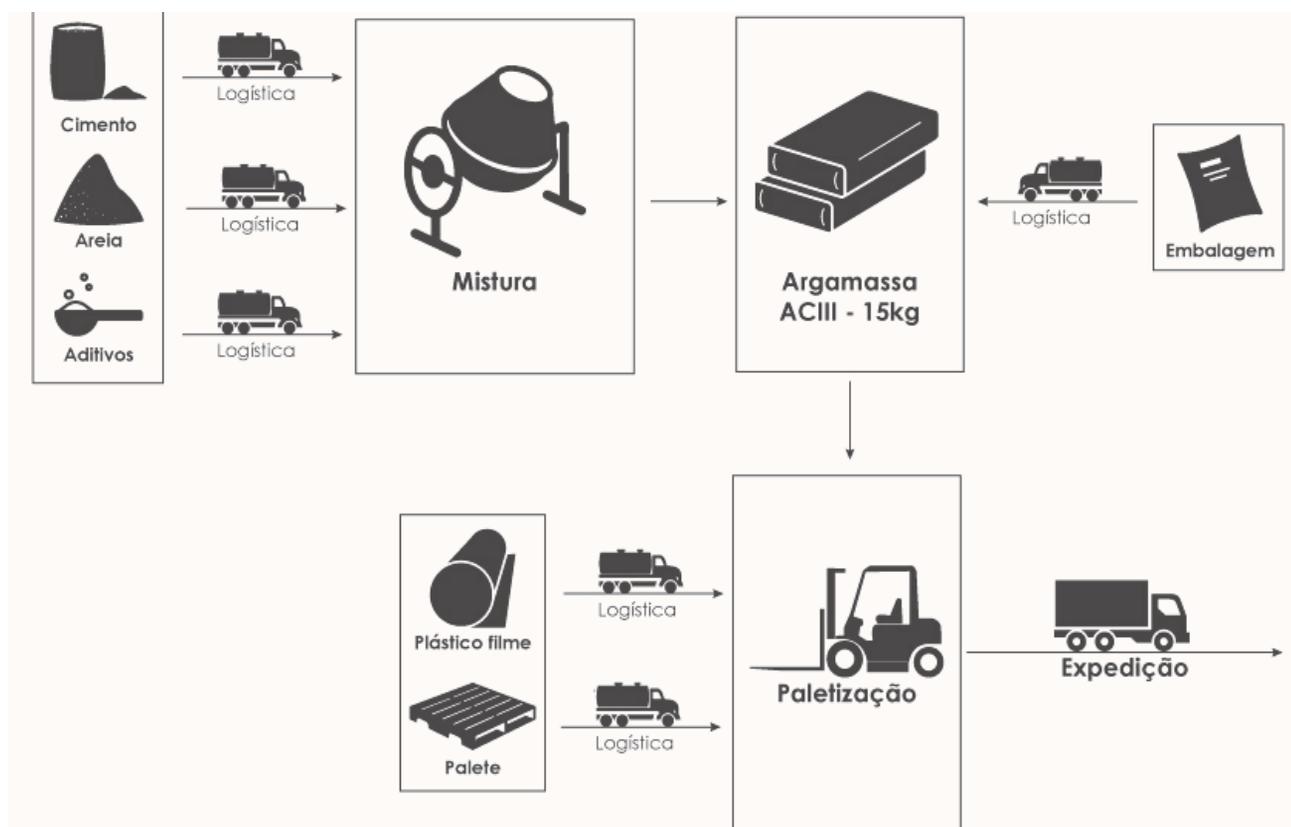


Figura 03 – Fronteiras do Sistema
Fonte: Feito pelos autores.

4. INVENTÁRIO E CICLO DE VIDA

A argamassa pode ser definida como uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (ABNT, 2001). Assim, para a fabricação da argamassa em estudo, são utilizadas areia, cimento e dois aditivos distintos na mistura, embalagem plástica para envasamento. Na fase de expedição são necessários pallet e plástico filme na embalagem do produto em lotes.

Insumo	Material	Quantidade	Unidade
Cimento CP-II-F-32	Cimento Portland	26.325	ton
Areia 40/40	Areia (Calcária)	148.150	ton
Vinapass 5010	Aditivo Inorgânico	405	kg
Celotex 25kg MK50	Aditivo Orgânico	270	kg
Filme Stratch Manual 500mm C/25 MI	Resina de Polietileno (baixa densidade)	25.53	kg
EMB ACIII Normal	Polietileno (alta densidade)	63	kg
Pallet	Madeira	90	peças

Tabela 01 – Inventário concentrado
Fonte: Feito pelos autores.

Desta forma são produzidos diariamente cerca de 2000 sacos de argamassa ACIII (equivalente a 30 ton), o fluxo-grama de processos pode ser observado a figura 4. A areia é extraída de uma jazida à 70 km de distância da planta fabril, sendo necessárias diariamente 148,150 toneladas de areia, transportadas a partir de transporte rodoviário. A argamassa ACIII é composta por 74,2% de areia, o inventário contabilizou o processo de sua chegada, seus 3 peneiramentos, sua armazenagem e secagem. Ao longo do processamento são perdidos cerca de 30% da massa total de areia, totalizando 108 toneladas de areia refinada ao final da produção. o processo base da extração foi retirado da base de dados do Ecoinvent. dentre os componentes da mistura, a areia é o único insumo processado na BQMIL.

Por sua vez, o cimento, tipo Portland, é adquirido do fornecedor LafargeHolcim localizado à 140 km de distância da BQMIL, transportados a granel via transporte rodoviário. Diariamente são utilizados de 26,325 ton de cimento, cerca de 20% desse valor total é destinado para a composição da ACIII, tal valor equivale à 25,3% da mistura total. O processo base do processo de extração e fabricação do cimento foi retirado da base de dados do Ecoinvent, no Simapro.

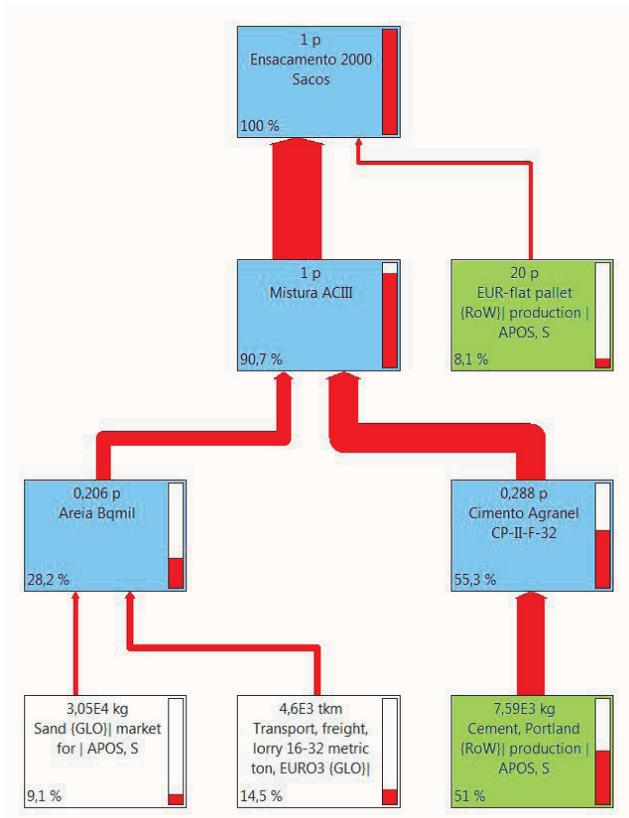


Figura 05 – Análise de rede
Fonte: Feito pelos autores.

Um impacto significativo visto que são utilizados 20 pallets diariamente. De acordo com Bilbao et al.(2010) esse impacto é decorrente da alta emissão de CO2 e alto consumo de energia gerado no processo de fabricação e distribuição do pallet, visto que dentro do processo de expedição dos sacos, os pallets utilizados não retornam à fábrica e são comumente destinados à aterros ou à incineração, resultando, assim, em grande desperdício e consumo de recursos. Uma possível abordagem de design de logística para o problema seria uma busca de novas soluções para a distribuição dos sacos, uma alteração do tipo de pallet e seu material de constituição e uma estratégia de reinserção dos pallets no processo de distribuição. Referente aos maiores impactos causados pela fabricação da argamassa BQMIL, a figura 6 mostra em maiores detalhes, os impactos causados pela “Mistura” de argamassa. Os resultados mostram que Areia, Cimento Portland, aditivo Celotex e aditivo Vinapass causam, respectivamente, 31,1%, 61%, 3,81% e 3,52% do impacto referente à fabricação da argamassa. Percebe-se que os insumos cimento e a areia com seus transportes e insumos energéticos embutidos nos seus processos sua obtenção possuem os impactos mais significativos (92,1%) do total da Mistura. Visando aprofundar esta análise, buscou-se compreender a mistura da argamassa.

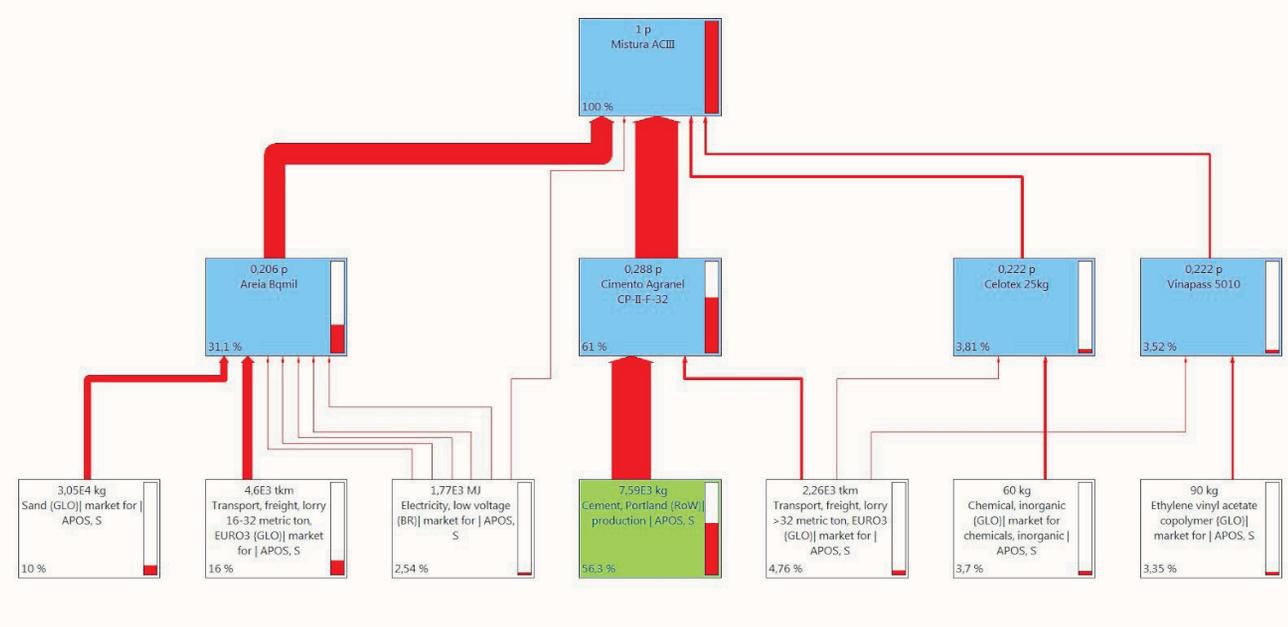


Figura 06 – Análise de rede 2
Fonte: Autores.

O cimento, dentre os componentes necessários para a confecção da argamassa, é o maior responsável pelo impacto da fabricação de argamassa com 61% do impacto total, no intuito de compreender a razão pela qual o impacto do

cimento se mostrou tão elevado, sendo que, retirando o impacto do transporte, 56,3% do impacto é causado unicamente do processo de fabricação do mesmo. O detalhamento do processo de produção do cimento na base de dados

demonstrou que a contribuição do Clinker nos impactos totais é a mais significativa. Este material é utilizado na fabricação do Cimento Portland que libera grandes quantidades de CO₂ e possui um grande consumo energético (ECYCLE,2019). Sendo o cimento um insumo que está fora da cadeia de produção da BQMIL, o design pode colaborar com estratégias de cooperação entre os players na cadeia de valor dos produtos, incrementando a eco inovação de maneira sistêmica.

Referente a areia, com 31,1% de representatividade no impacto da Mistura, apresenta maior impacto ambiental relacionado ao seu transporte (16%) seguido pela extração da areia (10%) e pelo consumo energético referente ao seu processo (2,54%). Visto a extração desse insumo se encontrar a 70 km da empresa e, devido ao alto consumo diário de areia (148.150 ton), são necessários 4 caminhões para tal transporte, resultando no alto impacto apresentado pela logística do insumo. Apesar de que frequentemente a atividade da mineração é associada à grandes impactos ambientais, a extração da areia possui um impacto relativamente baixo, um dos motivos pode estar relacionado ao fato que durante o processo não há uso de explosivos ou químicos, normalmente usados para outros tipos de minerações (MADEHOW, 2019). Por sua vez, a empresa possui uma jazida de areia, o que possibilita ampla colaboração do design em desenvolver soluções menos impactantes.

Os resultados apontam que a logística, referente ao transporte de todos os insumos (areia, cimento, aditivos e materiais para embalagem), é responsável por cerca de 20,76% do impacto total da mistura. Assim, um projeto de design nesse contexto deve considerar tal informação como significativa, visto a importância da logística no impacto do produto. Por sua vez os aditivos são responsáveis por 7,33% dos impactos, resultado considerado significativo, visto a baixa quantidade dos mesmos na composição da Mistura.

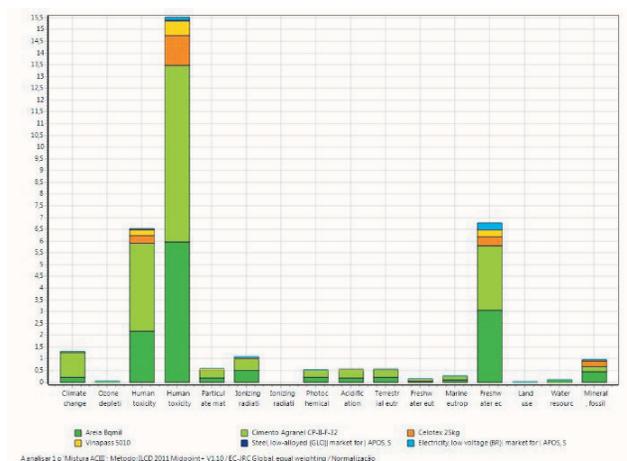


Figura 07 – Normalização e categorias de impactos da Mistura
 Fonte: Feito pelo autor.

Utilizando de análise normatizada é possível avaliar em detalhes todas as categorias de impactos e onde ocorrem os principais impactos. Os impactos causados à saúde humana, com e sem efeitos cancerígenos, é a maior categoria de impacto causado pelo produto (Human Toxicity), como é possível verificar na figura 7. Tal impacto é causado, principalmente, pelos insumos cimento e areia, seguido dos impactos causados na água (Fresh Water), também majoritariamente proveniente do cimento e areia. Portanto, um processo de design sustentável deve priorizar os impactos significativos e suas respectivas causas para desenvolver um projeto realmente sustentável e que alcance uma redução significativa do impacto final do produto.

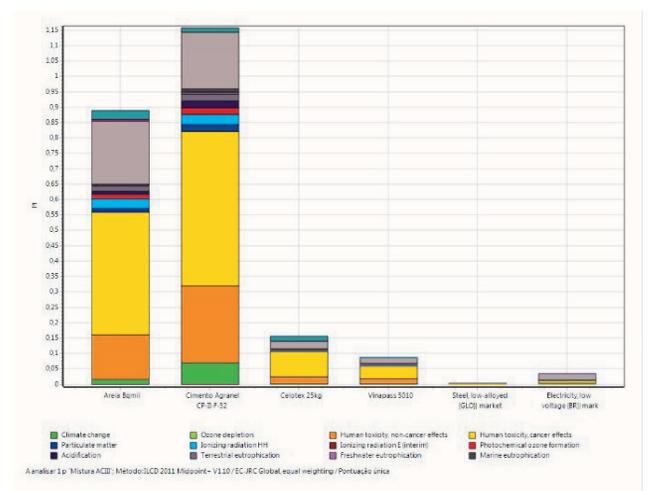


Figura 08 – Inventário Parcial
 Fonte: Feito pelos autores.

Os aditivos por sua vez possuem um alto impacto na saúde humana, especialmente cancerígeno, considerando que a sua aplicação na mistura é baixa, podendo ser um item a ser considerado em projetos futuros para a redução do uso do mesmo. A figura 8 demonstra mais detalhadamente como os impactos se distribuem em cada categoria de impacto.

6. CONCLUSÃO

Este estudo apresenta a aplicação da avaliação de Ciclo de Vida (ACV) na fabricação da argamassa tipo ACIII da empresa estudo de caso BQMIL. Como definido anteriormente, o uso de uma ACV no Design Sustentável permite a decisão na concepção de um produto mais ecoeficiente, avaliar alternativas de design realmente sustentáveis, avaliar estratégias de melhoria em produtos, definir estratégias de marketing, pesquisa e desenvolvimento e inovação sustentável (LUZ et al, 2016).

A ACV realizada e aplicada ao estudo de caso permitiu verificar os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida antes não percebidos pelo designer, trazendo uma

visualização mais abrangente e sistêmica de todo o processo e, conseqüentemente, permitindo ao profissional tomar decisões projetuais com argumentos baseados em impactos mensurados em diferentes categorias e tipos de fontes de impacto, como por exemplo a logística. Evidenciando assim que a ACV permite ao designer uma ação mais pragmática e assertiva na definição das variáveis sustentáveis do seu projeto e, portanto, no desenvolvimento de soluções que realmente diminuam o impacto causado pelo produto do projeto, ou seja, soluções realmente sustentáveis. Dessa forma, os resultados apresentados possibilitam o desenvolvimento de novas e melhores soluções por meio do design sustentável para o processo de fabricação de argamassa, permitindo a criação de propostas para otimização de logística, redução de desperdícios, reuso de coprodutos, aumento de ciclo de vida por reuso, criação de marketing sustentável, entre outros. Todas possíveis soluções que possuem precisão e assertividade e podem ser aplicadas estrategicamente devido aos dados coletados. Verifica-se, portanto, a importância da ACV ao processo projetual de Design Sustentável e sua eficácia no desenvolvimento de soluções menos impactantes.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISSO 13281:2001 ABNT/CB18:** Comissão de Estudo de Métodos de Ensaio para Argamassas para Assentamento e Revestimentos. Brasil, 2001a
- ALVES, C.** Sustainable Design through jute fiber composite. Ed. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2010
- BILBAO, A. M. et al.** Environmental impact analysis of pallets management. IIE Annual Conference and Expo 2010 Proceedings, Rochester, 2010.
- BQMIL - BRASIL QUÍMICA E MINERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA.** Site Institucional. Mossoró. RN., 2019. Disponível em: <http://bqmil.com.br/index.html>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- BRANDÃO, Vladimir** In **AZEVEDO, João Humberto.** Sustentabilidade – Crescimento econômico com responsabilidade social. RBA, Março/Abril 2012. Pg.36.
- CANCHUMANI, G. et al.** Avaliação do Ciclo de Vida na Mineração: Estudo da produção de minério de ferro. CETEM/MCTI, Florianópolis, Rio de Janeiro, RJ, julho, 2015.
- ECYCLE.** Clíiquer: o que é, impactos ambientais e alternativas. Matérias, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/5870-clinquer>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- ESTAREGUE, D., A** (in) sustentabilidade da publicidade de automóveis, in Design. 2009, IADE: Lisboa.
- HOW PRODUCTS ARE MADE.** Sand. Volume 3, [S. l.], 2019. Disponível em: <http://www.madehow.com/Volume-3/Sand.html>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- JRC, Joint Research Centre da Comissão Europeia.** ILCD handbook. 2018. Disponível em: http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page_id=86. Acesso em: 29 dez. 2018.
- LEÃO, A. L.** (Org.) Primeiro Convênio IST – Lisboa / UNESP. Botucatu, 2003.
- LUZ, L. et al.** Aplicação da ACV no processo de desenvolvimento de produto. Congresso de Administração da América Latina, Natal, RN, Brasil, setembro 2016.
- LUZ, L. et al.** A Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil na Última Década. IV Congresso Brasileiro sobre Gestão pelo Ciclo de Vida, Bernardo do campo, SP, Brasil, dezembro, 2014.
- MANZINI, E., VEZZOLI, C.** O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis - Os requisitos de produtos industriais. São Paulo: Edusp, 2002
- MELO, M. M. de.** Capitalismo versus sustentabilidade: o desafio de uma nova ética ambiental. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006.
- SELHORST, R.; ALVES, C.; ESTAREGUE, D; GONÇALVES, M.** Análise da Aplicação de Análise de Ciclo de Vida no Design Brasileiro. ENSUS, V Encontro de Sustentabilidade em Projeto, Florianópolis, 2017.
- PRÉ SUSTAINABILITY.** Simapro. [S. l.], 1994. Versão 8.5.2., 2018. Digital.
- THE ECONOMIST.** The Economist. Triple bottom line. Nov 17th 2009. Disponível em: <http://www.economist.com/node/14301663>. Acesso em 23 jan. 2019.
- WWF.** O que é desenvolvimento sustentável?. Conceitos, [S. l.], 2018. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/. Acesso em: 15 abr. 2019.

AUTORES

ORCID: 0000-0003-0212-2792

RAFAEL DA ROSA SELHORST | UFSC | Design | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Lauro Linhares, 1288 - Blc 3, Apto 401 - Estreito - Florianópolis/ SC - 88036-001 | E-mail: rafaelr.selhorst@gmail.com.

ORCID: 0000-0003-4622-3907

THALIS HENRIQUE DUARTE BARRETO NOBRE | Universidade Federal do Rio Grande do Norte | Bacharelado em Design | Natal, RN - Brasil | Correspondência para: Rua Rio Juruá, 7726 – Pitimbú, Natal – RN, 59068-290 | E-mail: thalisnobre@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2541-300X

CRISTIANO ALVES, Dr. | UFSC | Design | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Santos Saraiva, 739 - Apto 101 - Estreito - Florianópolis/SC - 88070-100 | E-mail: cralves-design@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4622-3907>

FELIPE LUIZ BRAGHIROLLI | Universidade Regional de Blumenau | Ciências Biológicas | Blumenau, SC - Brasil | Correspondência para: Rua Alonso Grosch, 86 - Casa 10 - Velha, Blumenau - SC, 89041-160 | e-mail: felipe.braghirolli@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SELHORST, Rafael da Rosa; NOBRE, Thalís Henrique Duarte Barreto; ALVES, Cristiano; BRAGHIROLLI, Felipe Luiz. ACV no Processo de Design: Análise dos Impactos Ambientais da Fabricação de Argamassa na Região Nordeste do Brasil. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 19-28, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.19-28>.

DATA DE ENVIO: 29/05/2019

DATA DE ACEITE: 26/09/2019

ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM TERRA: FINALIZAÇÃO DO PROTÓTIPO EXPERIMENTAL EM BAMBU DA UFSC

EARTHBASE COVERING MORTARS: FINALIZATION OF THE UFSC BAMBOO EXPERIMENTAL PROTOTYPE

ALEXANDRE OLIVEIRA VITOR | UFSC

SUMARA LISBÔA, M.Sc. | UFSC

LISIANE ILHA LIBRELOTTO, Dra. | UFSC

RESUMO

A busca por alternativas de construção menos impactantes ambientalmente é essencial para o desenvolvimento sustentável de uma nação. Nesse sentido, por serem materiais com baixa energia incorporada e comumente encontrados no Brasil, a terra e o bambu se destacam como possíveis alternativas. Utilizando-se do protótipo de edificação modular em estrutura de bambu da UFSC com o intuito de finalizar e dar acabamento, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a aderência e aplicabilidade de diferentes argamassas de revestimento com terra sobre as paredes de bahareque (técnica de construção mista). Foram utilizadas duas camadas de revestimento: emboço, reboco e acabamento final com caiação. Como resultado, observou-se que a categorização do solo a ser utilizado é de extrema importância para a elaboração de argamassas de revestimento com terra.

PALAVRAS CHAVE: Argamassa de revestimento; Terra; Protótipo; Bambu; Bahareque

ABSTRACT

The search for environmentally-friendly alternatives of construction is essential for the sustainable development of a nation. In this sense, because they are materials with low energy incorporated and commonly found in Brazil, Earth and bamboo stand out as possible alternatives. Using the UFSC bamboo prototype in order to finish it, this research aimed to evaluate the adhesion and applicability between earthbase covering mortars and "bahareque" walls (mixed construction technique) Two layers of coating were used: scratch coat, plaster and whitewash finish. As result, it was observed that the categorization of the soil is extremely important for the elaboration of earthbase covering mortars.

KEY WORDS: Covering mortars; Earth; Prototype; Bamboo; Bahareque



1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta a continuação de uma pesquisa aplicada que assume como tema a finalização e acabamento de um protótipo experimental em bambu, localizado no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. O projeto e construção da estrutura, vedação vertical e cobertura foram objetos de Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil (VITOR, 2018). Neste artigo será apresentada a técnica de construção empregada para revestimento e acabamento final das paredes (estilo bahareque) dotando diferentes traços de argamassas. Toda a pesquisa foi desenvolvida com o intuito de promover o uso do bambu em construções que possam ser mais sustentáveis, no sentido de serem economicamente viáveis, socialmente justas e com menor impacto ambiental.

Por protótipo, entende-se o primeiro produto fabricado de uma mesma maneira, ou seja, o primeiro de um tipo. Desta forma, buscou-se a construção de um módulo habitacional, composto por diferentes espécies de bambu como elementos estruturais sobre fundação em madeira de eucalipto e painéis de vedação confeccionados na técnica conhecida como bahareque. Os revestimentos sobre os painéis foram realizados a partir de diferentes composições de argamassa com uso de terra, principal material, mais adições com fibra, cal e/ou cimento. A cobertura, por sua vez, utilizou lonas reaproveitadas de banners em PVC (policloreto de vinil), as quais foram colocadas sobre painéis de OSB (Oriented Strand Board).

O bahareque, técnica que utiliza prioritariamente o bambu como matéria prima para criar o sistema estrutural e de vedação interno e externo de uma parede, apresenta-se como opção mais sustentável para diversas tipologias habitacionais. Ao construir utilizando esta técnica, reduz-se a necessidade da utilização de materiais processados semelhantes àqueles convencionalmente empregados na construção civil, descarta-se a necessidade de alvenaria cerâmica para vedação, e diminui-se a quantidade de aço, cimento e areia empregados na construção (VITOR, 2018). No entanto, ainda é necessário se realizar-se a vedação e acabamento das paredes, através de argamassas de revestimento.

As argamassas são materiais de construção constituídos por uma mistura íntima de um ou mais aglomerantes, agregados miúdos e água. Podem ser utilizados para fazer a conexão/ligação entre partes do edifício. Por exemplo, o assentamento de um bloco ou de uma cumeeira, rejuntamento ou preenchimento de juntas e fissuras, ou ainda como elementos de proteção para

impermeabilização ou revestimento. Além dos aglomerantes e agregados, presentes nas argamassas, podem ainda ser adicionados produtos especiais, com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto, como aditivos impermeabilizantes, plastificantes ou que lhe concedam propriedades de aderência, expansividade, resistência e flexibilidade.

As argamassas de revestimento convencionalmente usadas na construção são de base cimentícia, em geral compostas por cimento, areia em granulometrias diversas conforme o uso (finas, médias ou grossas), para constituir camadas de aderência (chapisco ou salpico), regularização (emboço) ou rebocos (grossos ou finos conforme a textura que se deseja imprimir ao acabamento).

Embora a construção civil disponha de três tipos de aglomerantes inorgânicos que podem ser utilizados na composição de argamassas (cimento, cal e gesso), o mais utilizado no sul do Brasil, em climas úmidos, é o cimento.

Nesta pesquisa propôs-se o uso de revestimentos não convencionais, utilizando o solo como elemento principal na composição do traço. Desta forma pretende-se avaliar a aderência e aplicabilidade entre os diferentes traços de revestimentos elaborados assim como o acabamento final dado às paredes.

O traço dos revestimentos corresponde à composição da mistura, representada pela proporção de uso dos materiais. Nesta pesquisa, o traço será realizado a partir de composições diversas de forma a obter o melhor resultado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bahareque

A técnica do bahareque é amplamente empregada em países como Colômbia e Venezuela e seu uso faz parte da cultura construtiva da população. Na Colômbia, a técnica continua como um sistema presente em várias regiões do país.

Utilizado desde épocas remotas pelos povos indígenas das Américas para criar o sistema estrutural de uma parede (HIDALGO-LÓPEZ, 1981), o bahareque é formado por colmos de bambu na vertical na qual se fixam, horizontalmente, esteiras de bambu (ou esterillas de bambú) com a parte interna voltada para o exterior da parede, para posterior aplicação de revestimento.

Este tipo de arquitetura é resultado dos conhecimentos passados de geração a geração e suas práticas, consideradas milenares, continuam a ser estudadas por profissionais contemporâneos. No âmbito científico, com o propósito de elucidar a potência construtiva do

bahareque e evitar a correlação atribuída por algumas instituições oficiais como “mais apropriadas para os pobres”, a Norma Sismo Resistente NSR 98 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2012) incorporou-o ao tema de requisitos mínimos para desenho e construção de habitações de um e dois pisos. Adicionalmente, desde o ano 2012, a norma de bahareque cimentado é difundida por meio do Manual de construção sismo resistente de habitações da AIS.

Segundo a norma, o bahareque cimentado é um sistema estrutural de muros que se baseia na fabricação de paredes construídas com colmos de bambu e/ou madeira, revestido com reboco de argamassa de cimento sobre esteiras de bambu (AIS, 2001).

Para Hays e Matuk (2003) o bahareque trata-se de uma técnica mista de construção com terra e possui diversas modalidades construtivas. Buscando diferenciar os tipos de bahareque, os autores sugerem sua classificação quanto ao sistema construtivo da estrutura principal e da estrutura auxiliar. Por estrutura principal, entende-se aquela que suporta as cargas exigidas pela construção e as transferem para a fundação, tais como o peso da cobertura e a sustentação dos batentes de portas e janelas. Enquanto que a estrutura auxiliar trata-se de um conjunto de peças destinadas a fechar os vãos e a sustentar o revestimento, podendo ser necessária ou não a instalação de peças intermediárias que conectem a estrutura principal à auxiliar.

Portanto, de acordo com a classificação proposta por Hays e Matuk (2003) para o Manual de Técnicas Mistas, o bahareque construído por Vitor (2018) é interpretado como um sistema associado de painéis modulares pré fabricados em bambu, sendo composto por uma estrutura principal dotada de pilares e vigas como elementos estruturais e estrutura auxiliar com o fechamento das paredes com elementos horizontais de bambu justapostos (no caso, esteiras de bambu) fixados sobre moldura vertical. A figura 1 ilustra o sistema de fixação das esteiras de bambu sobre a moldura vertical da estrutura e a figura 2 mostra a estrutura edificada em técnica mista proposta por Vitor (2018).

Segundo o autor, a fixação das esteiras de bambu sobre a estrutura auxiliar foi feita apenas na camada exterior das paredes com o intuito de protegê-las contra intempéries e, por fins didáticos, evidenciar o método construtivo ao interior do protótipo.



Figura 01 – Fixação das esteiras de bambu.
Fonte: Vitor, 2018



Figura 02 – Estrutura edificada em técnica mista por Vitor (2018)
Fonte: Autores, 2019

2.2. Argamassas de revestimento

O termo argamassa refere-se à mistura homogênea de agregados e água, podendo conter adições de estabilizantes. Devido à necessidade de apresentar características como conforto térmico, proteção contra as intempéries e boa aparência estética, as argamassas devem ser elaboradas cuidadosamente para um bom desempenho de suas funções.

Dentre diferentes tipos de argamassas, neste trabalho somente será elucidada a de revestimento, que conforme a norma NBR 13.749 (ABNT, 2013) serve para tetos e paredes, como revestimento de camada única, ou para chapisco, emboço e reboco.

Tradicionalmente as argamassas são constituídas por três camadas, sendo elas o chapisco, o emboço e o reboco. O chapisco tem a função de facilitar a aderência do emboço à superfície e o emboço, por sua vez, corrige pequenas irregularidades e impermeabiliza a estrutura para posterior aplicação do reboco.

Para o uso em paredes a norma prevê espessuras mínimas e máximas (Tabela 1). Quando houver necessidade de empregar revestimento com espessura superior a 3 cm, devem-se tomar os cuidados necessários para prover e garantir a aderência do revestimento.

Revestimento	Espessura (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$

Tabela 01 - Espessura mínima e máxima do revestimento segundo a NBR 13.749 (ABNT, 2013)
Fonte: NBR 13.749 (ABNT, 2013)

As argamassas de revestimento no estado fresco devem ter adequada aderência ao substrato e facilidade de acabamento superficial. A trabalhabilidade, outra propriedade de suma importância, está ligada ao fato da retenção de água durante o amassamento até o contato com a superfície absorvente. Isto pois, segundo Silva (2007), a capacidade de retenção de água interfere na trabalhabilidade assim como no estado de endurecimento. Portanto a argamassa deve ser preparada misturando entre si os materiais ainda secos e umedecendo a massa progressivamente, sendo recomendado repouso prévio à aplicação para melhorar o desempenho quanto sua aderência.

2.3. Caracterização do solo para elaboração das argamassas de revestimento à base de terra

No âmbito da engenharia, solo é o termo genérico aplicado a todo material da crosta terrestre e carece da classificação quanto às suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas. Já na Arquitetura e Construção com Terra - ACT, terra é uma denominação dada a toda a produção arquitetônica que emprega o solo como a principal matéria prima, tendo sido categorizado ou não quanto às suas propriedades (Neves et al., 2009). Para facilitar a compreensão neste trabalho será adotado que, uma vez categorizado o solo conforme algumas de suas propriedades, passa-se a denominá-lo como terra.

No Brasil, o sistema de classificação granulométrica é estabelecido pela norma NBR 6.502 (ABNT, 1995), e as principais características de cada grupo estão exemplificadas no quadro 1.

Dimensão dos grãos d (mm)	Classificação das partículas	Características principais
$2 \leq d \leq 20$	pedregulho	Elemento inerte e resistente
$0,06 \leq d < 2$	areia	Elemento inerte, sem coesão
$0,002 \leq d < 0,06$	silte	Sem coesão, diminui a resistência da areia
$D < 0,002$	argila	Possui forte coesão, sem estabilidade volumétrica pois se expande na presença de água

Quadro 01 - Classificação granulométrica do solo, de acordo com a NBR 6.502 (ABNT, 1995)
Fonte: Neves et al., 2009

Tratando sobre argamassas de revestimento com terra, os pedregulhos têm função de aumentar a resistência da massa e diminuir a utilização dos outros grãos na mistura. As areias, por sua vez, por possuírem menor diâmetro que os pedregulhos, ocupam parte dos vazios da argamassa e, quando em contato com materiais aglutinantes e água, tornam-se parte da mistura e criam resistência. Já o silte é um material indesejado nas argamassas de revestimento pois diminuem a resistência da areia. Quanto ao comportamento das argilas, por possuírem propriedades aglutinantes que, quando em contato com água, aumentam o volume do material tornando a argamassa mais trabalhável durante sua manipulação e aplicação, gera rigidez à mistura e aglutina os demais grãos conforme a perda de água para atmosfera. A fragilidade das argamassas surge conforme a evaporação da água da mistura e retração do volume, gerando superfícies mal acabadas (DA PONTE, 2012).

Assim sendo, é desejável que a argamassa de terra seja elaborada de maneira correta com a finalidade de minimizar a formação de fissuras após o processo de cura e a posterior infiltração de água nas paredes.

Neves et al. (2009) salientam que a quantidade e o tipo de argila são os principais responsáveis pelos movimentos de retração e expansão conforme a variação da umidade. Nas paredes de terra, por sua vez, estes movimentos provocam fissuras e a ocorrência de manifestações patológicas internas e/ou superficiais, permitindo a penetração de água que contribuem para a perda da resistência do material e conseqüentemente para a degradação da parede.

As análises para identificar a composição de um solo são subdivididas em testes em nível de campo e ensaios laboratoriais. Atuando de maneira complementar, ao realizar ambas análises o resultado é garantido e apropriado para comparar as características entre os tipos de terra disponíveis na região. Enquanto que os ensaios de laboratório são geralmente quantitativos e com resultados numéricos precisos, os testes expeditos, realizados em campo, apresentam resultados essencialmente qualitativos (NEVES et al., 2009).

Para identificação da amostra de terra, Neves et al. (2009) descreve os seguintes testes em nível de campo:

- Tátil-visuais – avalia o tamanho das partículas, cor e brilho por meio do toque e da aparência;
- Queda de bola – avalia a propriedade de coesão;
- Vidro – avalia a composição do solo através da sedimentação diferenciada de seus constituintes;
- Cordão – avalia a coesão e a plasticidade do solo em um determinado estado de umidade;
- Fita – relaciona a plasticidade com o tipo de solo;
- Exsudação – avalia a plasticidade do solo em função de sua capacidade de reter água;
- Resistência seca – auxilia na identificação do tipo de solo em função de sua resistência.

Os testes recomendados em nível de campo permitem, para determinadas situações, algumas conclusões iniciais sobre o solo em análise. Autores como Minke (2001), Torgal e Jalali (2009) e Rezende (2012) complementam sobre a necessidade de avaliar os testes de campo em conjunto aos ensaios laboratoriais a fim de se obter maior precisão na categorização do solo disponível no local.

Os ensaios laboratoriais de composição granulométrica compreendem as análises de peneiramento e de sedimentação conforme a norma NBR 7.181 (ABNT, 2017), determinando respectivamente, a quantidade porcentual das partículas que passam ou que são retidas em peneiras de aberturas normalizadas e a velocidade de decantação das partículas de solo dispersas em água em função da variação da densidade da solução. A partir destes ensaios calcula-se as proporções na amostra e, com base na Figura 3, confirma-se a classificação realizada por meio dos testes em nível de campo.

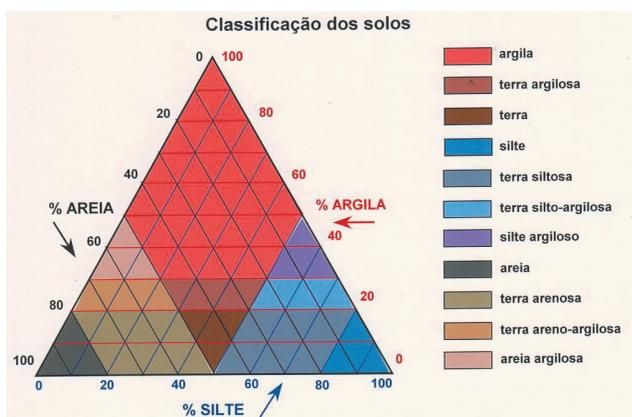


Figura 03 – Diagrama de classificação dos solos
Fonte: Aid et al. (s/d) e Moran (1984) adaptado por Neves et al., 2009

Tratando-se de argamassas para revestimento, a categorização do solo é essencial para melhor compreensão de sua função aglutinante, para isso é necessário

correlacioná-la com sua plasticidade para determinar, com segurança, a necessidade ou não da adição de estabilizantes na mistura. Para definir o solo segundo seu grau de umidade, foram desenvolvidos ensaios que consistem em medir o grau de umidade do solo nos diversos estados de consistência para definir se é líquido, plástico ou sólido.

Através da análise da figura 4 pode se observar que o índice de plasticidade (IP) está entre os limites de plasticidade (LP) e de liquidez (LL), ou seja, o índice de plasticidade do solo é determinado a partir da diferença entre os limites de liquidez, pela norma NBR 6.459 (ABNT, 1984), e de plasticidade, pela norma NBR 7.181 (ABNT, 2017), a fim de se determinar o intervalo que compreende o índice de plasticidade do solo.



Figura 04 – Estado do solo em função do seu teor de umidade
Fonte: Neves et al., 2009

Segundo Neves et al. (2009) os limites de liquidez e de plasticidade dependem geralmente da quantidade e do tipo de argila presente no solo.

Conforme determinado pelos estudos de Houben & Guillaud (1995), a necessidade do uso de betume, cimento ou cal a serem utilizados como aditivos pode ser determinada através da relação entre a plasticidade e a granulometria do solo (Figura 5).

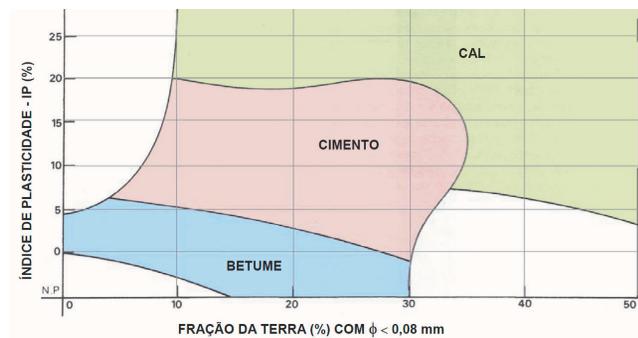


Figura 05 – Seleção do tipo de estabilizante em função do IP e da porcentagem de solo passante pela peneira de 0,08 mm
Fonte: Houben & Guillaud (1995) adaptado por Neves et al., 2009.

2.4. Argamassas de revestimento de terra

Partindo das definições apresentadas para as argamassas de revestimento quanto às suas propriedades e funções, ao se trabalhar com revestimentos de terra deve-se levar em consideração algumas de suas particularidades, tais como:

- Kanan (2008) sugere sua aplicação em camadas finas de argamassa, podendo o emboço ter até no máximo 1,5 cm de espessura e o reboco entre 0,5 e 0,2 cm;

- Torgal e Jalali (2009) documenta que a espessura dos revestimentos das construções em terra varia entre 1,5 a 3 cm, executados em uma, duas ou três camadas;

- Neves et al. (2011) recomenda um sistema de revestimento composto por duas camadas sobrepostas: emboço com terra passante pela peneira de 5 mm e fibras vegetais com comprimento entre 5 e 10 cm; reboco com terra passante pela peneira de 2mm e fibras com comprimento menor que 3 cm;

- Neves et al. (2011) constata a necessidade de umedecer as paredes entre as aplicações das camadas para melhor aderência.

Segundo autores como Neves et. Al (2009), Garzón (2008) e Hays e Matuk (2003), o solo ideal que não necessita de adições para ser utilizado como argamassa de revestimento pode possuir as seguintes composições granulométricas:

- Entre 70 e 80% de pedriscos e areias finas, entre 15 e 55% de silte e entre 20 e 30% de argila (NEVES ET. AL, 2009);

- 2% de areia grossa, 76% de areia fina, 13% de silte, 9% de argila e 3% de fibras (GARZÓN, 2008);

- $\pm 50\%$ de areia fina, ± 30 de silte e entre 7 e 19% de argila (HAYS E MATUK, 2003).

No entanto, quando a terra carece em quantidade de argila e areia, e não é possível compensá-la com o solo local, é necessária a incorporação de estabilizantes à mistura. Produtos cimentícios como o cimento e a cal podem ser adicionados à argamassa para suprir necessidades aglutinantes tanto quanto para aumentar a resistência mecânica e diminuir a permeabilidade do produto final. Cabe aqui ressaltar que o uso do cimento ou da cal melhora a resistência, o acabamento e a impermeabilidade da parede (GARZÓN, 2008).

Torgal e Jalali (2009) defendem que a incorporação de cimento, cal ou betume à mistura devem seguir uma regra. Por exemplo no caso do cimento, que só deverá ser acrescentado para solos com composição entre 50% e 75% de areias e britas e baixas percentagens de argila (inferiores a 20%).

Nas argamassas de terra é comum realizar a adição de diversos materiais (fibras vegetais, esterco de vaca, cal, cimento, etc.) para melhorar tanto as propriedades da mistura no estado úmido, quanto no estado seco, podendo citar a adequação da consistência e da trabalhabilidade para aplicação, a garantia de suas propriedades aglutinantes durante a

aplicação em seu estado fresco, a aquisição das propriedades mecânica de resistência desejáveis; e, a permeabilidade do produto final em seu estado seco. Com isto, obtém-se aumento da resistência final das argamassas à intempéries e conseqüentemente maior durabilidade à parede.

Durante o processo de cura das camadas de revestimento recém aplicadas, o efeito da retração pode ocasionar fissuras, o que facilita a entrada de umidade na parede. A incorporação de adições auxilia no controle das retrações, na absorção e difusão da umidade e, portanto, na diminuição da quantidade de fissuras provocadas durante o processo de cura.

Antes do surgimento do cimento, atrelado à facilidade que seu uso trouxe ao mercado, a cal era um dos materiais mais importantes na composição das argamassas, tanto para aplicação direta na construção quanto para sua aplicação em revestimentos e preservação das alvenarias tradicionais. Os rebocos e acabamentos antigos à base de cal contribuem para a aparência estética da edificação como também para a conservação da alvenaria, protegendo-a contra intempéries e possibilitando a manutenção periódica do revestimento.

Em comparação às argamassas à base de cimento, aquelas elaboradas com cal são menos rígidas e possibilitam que ações de dilatação proveniente de outros materiais (por exemplo a madeira) sejam dissipadas, funcionando como uma estrutura articulada de juntas capazes de absorver deformações sem trincar a argamassa. No caso de construções ao estilo enxaimel, recomenda-se a utilização de argamassa à base de cal para o assentamento e preenchimento das alvenarias devido à sua capacidade em absorver tensões ocasionadas pela dilatação da estrutura em madeira, enquanto que aquelas elaboradas à base de cimento poderiam fissurar quando expostas ao mesmo tipo de ação.

Historicamente, a cal é utilizada como aglomerante básico no tratamento das superfícies porosas das paredes de terra. A pesquisadora Kanan (2008) relata sobre as vantagens dos revestimentos com incorporação de cal:

- Boa porosidade e permeabilidade devido ao grande volume de poros, os quais secam rápido sem reter umidade, deixando a parede respirar e impedindo a condensação da umidade nos ambientes;

- Resistência mecânica compatível e processo de cura mais lenta, permitindo mais flexibilidade com todo tipo de alvenaria;

- Aparência e conservação do edifício, impedindo a deterioração do esqueleto ao absorver a agressão das intempéries;

- Alta durabilidade, atuando como material de sacrifício às agressões e processos de deterioração, possibilitando a manutenção periódica;

- Característica de manejo, por ser um material atóxico e mais ecológico em sua produção quando comparado ao cimento.

Kanan (2008) em sua investigação de argamassas antigas à base de cal aérea conseguiu determinar um traço, proporção do aglomerante e agregado, com volumes que variam entre 1:4 a 1:3 (cal:agregado), mas dependendo da função poderia ser mais rico em cal (1:2 a 1:0,5). “Sendo os agregados constituídos de grande quantidade de finos (partículas menores que 0,075mm) compostos de argilas, siltes, ou componentes hidráulicos, bem como proporções relativamente altas de grãos maiores que 4mm.” (KANAN, 2008, p.38)

Contrariamente à cal, o emprego do cimento na composição da argamassa de revestimento pode ser danoso quando aplicado em sistemas tradicionais, construídos à base de terra, devido à incompatibilidade de suas propriedades. O potencial causador de futuras trincas está associado à aderência momentânea da argamassa de cimento sobre o substrato de terra e seus diferentes coeficientes de dilatação e retração (OLENDER, 2006). Outro fator responsável por tal incompatibilidade está estreitamente ligado ao fato das paredes tradicionais (aquelas construídas de tijolos artesanais, adobe, taipa) serem higroscópicas, ou seja, capazes de absorver a umidade do ar e regulá-la com a umidade ambiente. Neste caso, o uso do cimento gera maior impermeabilidade às argamassas devido à maior parte do volume dos poros ser formada por microporos, provocando maior retenção de partículas de água no interior das paredes e gerando manchas de umidade. No entanto, a incorporação de cimento às argamassas de revestimento tende a ser benéfica quando em conjunto aos sistemas construtivos atuais, como por exemplo, tijolos de alvenaria e blocos de concreto.

2.5. Pinturas à base de cal

Para a proteção final de paredes e revestimentos com terra, recomenda-se a utilização da caiação pois este tipo de pintura à base de cal não sela a superfície, possibilitando a troca natural de ar e vapor d'água das estruturas com o meio ambiente (NEVES e FARIA, 2011). Diferentemente das pinturas comerciais sintéticas, as pinturas minerais à base de cal e silicatos não criam filme impermeável, ou quase ínfimo, permitindo que as superfícies transpirem e não acumulem umidade em seu interior (BEZERRA, 2010).

No entanto, ao utilizar tintas de silicato deve-se certificar que ela seja pura e não possua aditivos que alterem sua permeabilidade (KANAN, 2008). Caso a impossibilidade de trocar umidade com o ambiente seja imposta sobre as paredes ou argamassas de terra, manchas de umidade tornam-se visíveis devido à condensação da água em sua superfície, podendo comprometer a durabilidade da parede.

As pinturas à base de cal, tal como a caiação, além de não bloquear a capacidade higroscópica das paredes, apresentam qualidades notáveis quanto à proteção a intempéries como a chuva e a abrasão física, além de agirem de forma eficaz para a eliminação de fungos e bactérias patogênicas e o desenvolvimento de colônias de insetos nas estruturas.

A caiação é uma pintura cujo aglutinante é a cal e sua preparação é feita a partir da dissolução de cal fina em água. Para que as partículas de cal se fixem, penetrem e sejam absorvidas pelo substrato poroso é necessário que a caiação seja aplicada em várias camadas finas para que se consolide com o substrato e ajude-o a se preservar.

Kanan (2008) recomenda a aplicação de no mínimo 7 demãos da solução, sendo que a quantidade ideal para um melhor acabamento é de 10 camadas de caiação. Ainda segundo a autora, as primeiras aplicações devem ser feitas sobre o substrato previamente umedecido e mais diluídas que as outras demãos, para que o suporte absorva melhor a cal e ajude na fixação da solução à superfície.

Igualmente à utilização de cal como aditivo na composição de argamassas para revestimento, é de crucial importância a seleção adequada da matéria prima. Recomenda-se a utilização da cal quanto mais pura e fina possível, assim como evitar o uso de cal antiga e mal conservada pois a sua exposição ao meio ambiente, em contato com o ar, altera suas características adesivas e compromete sua durabilidade.

Para dar cor à pintura de cal, devem ser utilizados pigmentos compatíveis com o alto pH da cal, resistentes à luz e à ação corrosiva do ar poluído. Para tanto, os pigmentos mais apropriados para caiações são aqueles preferencialmente de origem mineral, inorgânicos e livres de sais solúveis e outras impurezas que modifique suas características originais.

Desde os tempos antigos, as argilas foram utilizadas como matéria prima para a produção de pigmentos inorgânicos naturais sendo sua coloração dada por meio dos óxidos de ferro e outros minerais presentes na composição das argilas, podendo citar o vermelho, o marrom e o amarelo ocre. Bezerra (2010) destaca que pelo fato de a cal ser um pigmento branco, os tons resultantes serão pastéis e suaves. Para tanto, não se deve tentar compensar esta

característica, pois caso se ultrapasse em 10% a quantidade de cal, a película resultante não terá coesão suficiente e poderá ser facilmente removida pelo simples atrito da mão.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa científica de possíveis composições para argamassas de revestimento com terra sobre esteiras de bambu, ou bambu planificado, foi prática e experimental através da elaboração e aplicação de seis traços de argamassas distintas e pintura à base de cal para vedação e acabamento de um protótipo em estrutura de bambu desenvolvido por Vitor (2019). A pesquisa identificou composições e técnicas mais apropriadas à elaboração de argamassas para revestimento, avaliando a vedação e o acabamento do protótipo.

Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a técnica construtiva bahareque para fechamento das paredes, bem como o emprego de argamassas para revestimento, a categorização do solo e posterior incorporação do mesmo à mistura. Os principais autores que contribuíram com o trabalho foram Neves et al. (2009) para definições e procedimentos de categorização do solo, Neves e Faria (2011), Torgal e Jalali (2009) e Neves et al. (2009) para as pesquisas sobre os diferentes estabilizantes e composições de argamassas para revestimento à base de terra, Maria Isabel Kanan (2008) para explicações sobre argamassas e revestimentos à base de cal.

3.1. Materiais e técnicas

Os materiais e técnicas utilizadas para a aplicação das argamassas de revestimento sobre as paredes do protótipo foram fundamentais para a agilidade e o bom desenvolvimento do trabalho proposto. A metodologia de elaboração e aplicação do revestimento seguiu os estudos presentes no referencial teórico deste trabalho como também investigações no campo da práxis desenvolvido pelos autores.

O solo utilizado para a composição das argamassas para revestimento estava disponível no Departamento de Arquitetura e Urbanismo/UFSC. Este mesmo solo também foi alvo da pesquisa de Vendrami et. al (2018) e de Lisbôa (2019), com ensaios de granulometria e plasticidade realizados no laboratório de solo da Empresa Iguatemi Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda. e no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais da UFSC.

Adotou-se para composição da argamassa, aglomerantes e estabilizantes, areia média a fina, cimento CPII, cal CH-III e fibras vegetais. As fibras vegetais foram coletadas no local, provenientes de podas de gramados, e os demais materiais comprados em lojas de construção. A

cal CH-III foi selecionada devido ao seu elevado grau de pureza e composição granulométrica fina. Para as etapas do emboço e do reboco que adotaram a cal em sua composição, foi realizada mistura prévia de um dia, saturando a solução por 24 horas para garantir melhor desempenho de suas propriedades aglutinantes.

O período de secagem adotado foi de 7 dias entre a aplicação do emboço e do reboco. Já para o acabamento final com caiação, o período de secagem foi de 14 dias.

Adotou-se o uso de pó xadrez, disponibilizado pela Materioteca/UFSC, para pigmentação das paredes, sendo este apenas adicionado à mistura de cal e água para a aplicação da sétima demão.

Os materiais utilizados para a preparação e aplicação da argamassa de revestimento foram: broxa, carrinho de mão, enxada, balde para padronização de medidas, masseira plástica, betoneira, desempenadeira, colher de pedreiro, esponja e pano.

4. RESULTADOS

A caracterização do solo a ser utilizado, a elaboração e aplicação em camadas das argamassas de revestimento de terra e o acabamento final dado às paredes são o objeto de estudo deste capítulo.

4.1. Caracterização do solo para elaboração das argamassas de revestimento de terra

A composição do traço do emboço e do reboco exigiu estudos minuciosos de caracterização do solo através de testes de campo e ensaios laboratoriais. Fundamentais para quantificação da presença de argila, estes procedimentos foram realizados com o intuito de definir a necessidade ou não do uso de estabilizantes na mistura para diminuir a retração da terra e o posterior aparecimento de fissuras no revestimento das paredes.

O resultado dos ensaios realizados por Vendrami et. al (2018) definiram o solo como terra argilo siltosa, arenosa ou areno argilosa, com plasticidade de média a alta. Ainda segundo as autoras, a análise granulométrica indicou presença significativa de areia (69%), pouco silte (18%) e argila (13%), que conforme o diagrama trilinear de classificação dos solos (Figura 1) trata-se de solo arenoso.

Vendrami et. al (2018) também realizaram a caracterização mineralógica desse solo por difratograma de raios-X, através do Departamento de Ciência e Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, indicando a presença de argila caulinita, de mica e quartzo. A argila caulinita, por definição, são geralmente estáveis em presença de água e possuem capacidade aglutinante baixa.

Partindo desta categorização proposta pelas autoras e, para complementar e confirmar a classificação desse solo, foram realizados novos testes de campo e laboratoriais no Labrestauro/MATEC.

Para a realização das análises de solo conforme a NBR 6.457 (ABNT, 1986), primeiramente o solo passou pelo processo de homogeneização e desagregação dos torrões com auxílio de uma enxada, quarteando o montante de solo até a obtenção de 2 kilogramas de amostra. Desta quantia separou-se 500 gramas da amostra para os ensaios de campo e o restante foi peneirado, na malha de 2 milímetros, seco em estufa a 60 graus Celsius por 24 horas e posteriormente encaminhada à empresa contratada para

a realização dos ensaios de granulometria e plasticidade.

A amostra submetida aos testes de campo tátil-visuais, conforme Neves et al. (2009), não apresentou matéria orgânica e indicou a presença de areia pela aspereza, silte pela suavidade e aspecto de talco ao bater as mãos, argila pela cor marrom, poucos brilhantes e também pela necessidade de lavar as mãos para retirada do material. Quanto aos demais testes de campo (Figura 6), ao se realizar o teste de queda de bola foi possível perceber boa coesão de maneira a definir a amostra como terra argilosa e, pelos testes de cordão, fita, exsudação e resistência seca, indicou-se uma terra siltosa própria para a produção de adobes e terra compactada, com necessidade do uso de aglomerantes.



Figura 06 – Ensaios de campo: queda de bola (superior esquerda), cordão (superior esquerda), fita (inferior esquerda) e resistência seca (inferior direita)
Fonte: Autores, 2019

A análise granulométrica foi realizada em dois diferentes laboratórios, ambos baseados na norma NBR 7.181 (ABNT, 2017). O ensaio de granulometria por sedimentação foi realizado no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais/UFSC e, por peneiramento, no Laboratório da Empresa Iguatemi Consultoria e Serviços Ltda. Gerando como resultado, presença significativa de areia (69%) e quantidades representativas de silte (18%) e argila (13%), conforme Quadro 2. Comprovando, portanto, a classificação realizada por Vendrami et al. (2018).

Partículas do solo	%
Cascalho fino	3
Areia grossa	16
Areia média	22
Areia fina	28
Silte + Argila fina	18
Argila	13
Total	100

Quadro 02 - Composição granulométrica do solo pela norma NBR 7.181 (ABNT, 2017)
Fonte: Lisboa, 2019

Segundo a classificação geral dos principais autores apresentados no referencial teórico, a necessidade ou não da incorporação de aditivos estabilizantes à mistura da argamassa pode ser representada em função da composição granulométrica do solo. O quadro 3, a seguir, subdivide os solos que necessitam e os que não necessitam de estabilizantes, em comparação ao solo em análise.

Classificação geral do solo conforme granulometria		Composição (%)			
Tipos de solo	Referência	Areia	Silte	Argila	
Solo em análise	Granulometria	peneiramento	69	31	
		sedimentação	69	18	13
Solo ideal sem necessidade de estabilizantes	Hays e Matuk (2003)	± 50	± 30	7 - 19	
	Neves et al. (2009)	70 - 80	15 - 55	20 - 30	
	Garzón (2008)	78	13	9	
Solo com necessidade de estabilizantes	Torgal e Jalali (2009)	50 - 75	< 20		

Quadro 03 - Resumo da classificação granulométrica do solo pelos ensaios realizados e segundo a classificação geral dos principais autores
Fonte: Lisboa, 2019

Observa-se, através do Quadro 3, que o solo em análise possui quantidade em areia próxima ao estabelecido por Neves et al. (2009) e Garzón (2008) para solos sem necessidade da adição de estabilizantes, porém não contempla os índices de silte ditos como ideais por Hays e Matuk (2003) e de argila, por Neves et al. (2009) e Garzón (2008).

Aqui cabe ressaltar a necessidade dos dados de limite de liquidez e plasticidade em conjunto com a caracterização granulométrica para definir, com exatidão, a

necessidade ou não da incorporação de aditivos estabilizantes à mistura da argamassa.

Para tanto, foi solicitado à mesma empresa privada que fizessem os ensaios laboratoriais de plasticidade (Figura 7), determinando o Limite de Liquidez em 37% e o Limite de Plasticidade em 25% e a diferença entre eles, o índice de Plasticidade, em 12% para o solo em análise. Tratando-se de uma terra silte-argilosa marrom.



Figura 07 – Sequência fotográfica do ensaio de plasticidade realizado em empresa privada
Fonte: Lisboa, 2019

A partir dos dados obtidos para o solo em análise quanto ao Índice de Plasticidade (12%) e da porcentagem de solo passante pela peneira de 0,08 mm (31%) analisa-se o diagrama de classificação dos solos (Figura 3) proposto por Neves et al. (2009), tendo como resultado que o estabilizante ideal para compor esta argamassa de revestimento é o cimento.

Pela Escola Nacional de Obras Públicas da França (Hays e Matuk, 2003), o índice de plasticidade recomendado para a composição de argamassas de revestimento está entre 4 e 11% e devido ao fato do solo analisado carecer de quantidade em argila e materiais finos segundo duas referências, a estabilização com cal apresenta-se como uma boa solução pois ele também é um aglomerante de partículas finas.

4.2. Elaboração e aplicação das argamassas para revestimento sobre as paredes do protótipo experimental da UFSC

Com o propósito de vedar as paredes do protótipo experimental da UFSC, as argamassas para revestimento foram elaboradas e aplicadas em duas camadas distintas. Previamente à aplicação da primeira camada, a parede foi chapiscada com mistura de cal e água, de consistência líquida, de maneira a proteger a superfície da parede de bambu contra mofo e facilitar a aderência da mistura à mesma. A segunda camada foi aplicada sobre a primeira e o acabamento final sobre a segunda respeitando um período de 120 horas entre cada aplicação sendo que, a primeira camada foi umidificada previamente à aplicação da segunda.

Para tanto, os painéis do protótipo foram subdivididos de maneira a possibilitar a experimentação de quatro tipos de revestimentos.

4.2.1. Primeira camada, emboço

Para a primeira camada foram experimentadas duas composições de argamassa de terra, ora estabilizado ora com cal e fibra, ora com cimento e fibra. Tanto para a elaboração do emboço estabilizado com cal quanto com cimento, a terra foi peneirada em peneira com abertura de malha de 5 mm e as fibras cortadas em comprimentos não superiores a 10 cm.

a) Traço em volume 1:6:1 (cimento, terra analisada, fibra)

A argamassa à base de terra estabilizada com fibra e cimento foi realizada misturando-se 1 parte de cimento para 6 partes de solo e 1 parte de fibra com apenas o suficiente de água para obter-se uma mistura de consistência pastosa conforme ilustrado pela Figura 8. A argamassa foi aplicada na metade dos painéis leste e oeste do protótipo com auxílio de desempenadeira e pá de pedreiro (Figura 9) e posteriormente texturizada para facilitar a aderência da camada sobrejacente (Figura 10).



Figuras 08, 09 e 10 – Elaboração, aplicação e texturização do emboço a base de terra estabilizado com cal e fibra
Fonte: Autores, 2019



Figuras 11, 12 e 13 – Elaboração, aplicação e texturização do emboço a base de terra estabilizado com cimento e fibra
Fonte: Autores, 2019

b) Traço em volume 1:6:1 (cal, terra analisada, fibra)

A mistura foi realizada em duas etapas de maneira a respeitar o período de hidratação da cal. Primeiramente hidratou-se 1 parte de cal e 3 partes de solo com água suficiente para saturar a solução e cobri-la com uma película de água de aproximadamente 2 centímetros. Após repousar por 24 horas, a segunda etapa da mistura foi realizada adicionando-se 3 partes de solo, 1 parte de fibra e apenas o suficiente de água para obter uma argamassa de consistência pastosa conforme ilustrado pela Figura 11. A argamassa foi aplicada na outra metade dos painéis leste e oeste do protótipo com auxílio de desempenadeira e pá de pedreiro (Figura 12) e posteriormente texturizada para facilitar a aderência da camada sobrejacente (Figura 13).

Durante o processo de secagem da primeira camada houve menor retração no emboço estabilizado com cimento e fibra. Vale destacar que uma forte chuva atingiu o painel leste durante o processo de secagem do emboço e aquele estabilizado com cal voltou ao seu estado plástico

não apresentando nenhuma manifestação patológica enquanto que, o emboço com cimento deste mesmo painel já estava endurecido.

4.2.2. Segunda camada, reboco

Para a segunda camada foram experimentadas duas composições de argamassas, à base de terra e à base de areia, ambas estabilizadas com cal. Para a elaboração dos dois tipos de reboco, a terra e a areia foram peneiradas em peneira com abertura de malha de 2 mm e a mistura realizada em duas etapas respeitando o período de hidratação da cal de 24 horas.

a) Traço em volume 1:3 (cal, terra analisada)

A mistura foi realizada com 1 parte de cal para 3 partes de solo e apenas o suficiente de água para obter-se uma mistura de consistência pastosa. A argamassa foi aplicada na integridade do painel oeste do protótipo e posteriormente desempenada com auxílio de desempenadeira de madeira (Figuras 14, 15 e 16).



Figuras 14, 15 e 16 – Aplicação do reboco a base de terra na integridade do painel oeste do protótipo
Fonte: Autores, 2019

b) Traço em volume 1:3 (cal, areia de média a fina)

A mistura foi realizada com 1 parte de cal para 3 partes de areia e apenas o suficiente de água para obter-se uma mistura de consistência pastosa. A argamassa foi aplicada na integridade do painel leste do protótipo e posteriormente desempenada com auxílio de desempenadeira de metal (Figuras 17 e 18).

Em ambos os painéis não houveram problemas quanto a aderência entre as camadas de revestimento. Observou-se que o reboco feito com cimento e areia (aplicado sobre o painel leste) resultou um acabamento áspero e necessitou menos tempo para secagem do revestimento quando comparado ao reboco feito com cal e terra (aplicado sobre o painel oeste).



Figuras 17 e 18 – Aplicação do reboco a base de areia na integridade do painel leste do protótipo
Fonte: Autores, 2019

4.2.3. Acabamento final, pintura à base de cal.

Conhecida como caiação, a pintura à base de cal foi elaborada misturando-se 10 litros de água para 2 quilogramas de cal, totalizando 8 camadas de aplicação. Para tanto, respeitou-se o intervalo de 30 minutos entre cada demão. A pigmentação foi realizada apenas na oitava e última demão da caiação, conferindo duas colorações distintas, cada qual para cada painel.

A pigmentação das paredes do painel oeste foi dada adicionando-se 10 gramas de pó xadrez bege à solução de água e cal (10:2). A sequência ilustrativa de caiação e coloração final conferida às paredes do painel oeste podem ser visualizadas através das figuras de 19 a 21.



Figuras 19, 20 e 21 – Pigmento, caiação e coloração final do painel oeste
Fonte: Autores, 2019

Figuras 14, 15 e 16 – Aplicação do reboco a base de terra na integridade do painel oeste do protótipo
Fonte: Autores, 2019

Devido a exposição do painel oeste à intempéries e a ocorrência de chuvas durante o processo de secagem do revestimento, o painel ainda encontrava-se úmido durante a execução da caiação.

Para a pigmentação das paredes do painel leste adicionou-se 5 gramas de pó xadrez bege e 5 gramas de pó xadrez vermelho à solução de água e cal (10:2). A sequência ilustrativa de caiação e a coloração final conferida às paredes do painel leste pode ser visualizada através das figuras de 22 a 24.

Quando comparados entre si, o painel leste apresentou resultado mais satisfatório de acabamento pois este estava completamente seco antes da realização da caiação.

4.3. Discussão dos resultados

Dos quatro diferentes tipos de composições para revestimento analisados durante sua elaboração, aplicação e secagem, quando comparadas entre si, as argamassas que utilizaram cimento para estabilização apresentaram secagem mais rápida do que as estabilizadas com cal. No entanto, não houve diferenças significativas quanto à aparição e propagação de pequenas fissuras ocasionadas pela retração da argamassa de terra, constatando a presença destas fissuras em ambos tipos de emboço. Já para a segunda camada de

revestimento, o reboco, houve disparidades no aspecto final e acabamento das argamassas devido a diferente exposição às intempéries. O reboco do painel oeste, preparado com terra e cal, foi exposto à chuva ocasional durante o período de cura, resultando na aparição de manchas de umidade em toda parte inferior da parede. O reboco preparado com areia e cal resultou, no painel leste, em revestimento áspero, esfarelento e com secagem mais rápida quando comparado ao reboco preparado com terra e cal.

Devido ao fato do painel oeste ter sido mais exposto à chuva, o período de cura para o emboço e para o reboco deveriam ter sido o suficiente para garantir uma boa secagem homogênea dos revestimentos, sem apresentar umidade excessiva antes da aplicação da camada ou pintura seguinte. Este fato foi comprovado observando-se o resultado final da caiação sobre as paredes do painel leste que, por ter sido feita sobre reboco ainda úmido, verificou-se o aparecimento de manchas de umidade sob a pintura e rachaduras finas presentes na última demão da pintura à base de cal, fator este que prejudicou a adesão da pintura sobre o revestimento. Os autores correlacionam esta falha ao insuficiente, e necessário, período de secagem do reboco à base de terra antecedente à caiação, constatando que o tempo de aplicação entre as camadas que utilizam cal e/ou terra deve ser maior que as que utilizam cimento e/ou areia.

5. CONCLUSÕES

Composta por duas camadas de revestimento, emboço e reboco, mais acabamento final com pintura à base de cal, o fechamento das paredes possibilitaram melhoria da resistência mecânica, da impermeabilidade, da proteção contra as intempéries e uma boa aparência estética. A vedação, proteção e acabamento dado às paredes do protótipo foram bem sucedidas para os quatro tipos resultantes de revestimentos propostos, portanto, validando o uso do solo na composição de argamassas para revestimento quando devidamente caracterizado e estudado quanto a necessidade ou não de aditivos estabilizantes.

Para o solo em análise, a adição de fibras vegetais, cal e cimento melhorou as propriedades aglutinantes da argamassa de terra garantindo boa consistência e trabalhabilidade à mistura em seu estado úmido para aplicação sobre as paredes. A incorporação destes estabilizantes auxiliou no controle das retrações, na absorção e difusão da umidade e, portanto, na diminuição da quantidade de fissuras provocadas durante o processo de cura. Com isto, no estado seco, obteve-se aumento da resistência final das argamassas às intempéries e, conseqüentemente, maior durabilidade às paredes.

Devido a necessidade de um processo lento de cura, os revestimentos de terra, principalmente aqueles que empregam a cal, devem ser protegidos contra às intempéries através de, por exemplo, a utilização de lonas de proteção e/ou estratégias projetuais como o uso de beiral mais largo.

Sugere-se para trabalhos futuros no protótipo experimental em bambu da UFSC, a realização de estudos de conforto térmico e o acompanhamento dos efeitos higroscópicos nos diferentes tipos de revestimento experimentados neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Restauro, Materiais e Técnicas Construtivas atuais e retrospectivas (Labrestauro / Matec) da UFSC e ao grupo de Pesquisa Virtuhab, pelo suporte e auxílio prestados em todo o processo de elaboração e aplicação dos revestimentos.

Agradecemos de coração aos amigos e amigas que participaram e prestaram ajuda durante as etapas de preparação dos materiais e aplicação do revestimento, trocando conhecimento e experiências no decorrer do trabalho voluntário.

A Michele Cristina Vieira pela disponibilidade e contribuição em todas as etapas práticas deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. AIS. 2012. *Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá: la red de estudios sociales em prevención de desastres em América Latina, LA RED*, 69 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT 1984. NBR 6.459: Norma Brasileira para Solo – Determinação do Limite de Liquidez: terminologia. Rio de Janeiro. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. 1986. NBR 6.457: Norma Brasileira para amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização: terminologia. Rio de Janeiro. 9 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. 1995. NBR 6.502: Norma Brasileira de Rochas e Solos. Rio de Janeiro. 18 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. 2013. NBR 13.749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. 2017. NBR 7.181: Norma Brasileira para Solo

– Análise Granulométrica: terminologia. Rio de Janeiro. 13 p.

BEZERRA, Ana Luísa Furquim. As Cores das Fachadas de Edificações Históricas pintadas a cal. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010. 139 p.

DA PONTE, Maria Manuel Correia Costa. Arquitetura de Terra: o desenho para a durabilidade das construções. Dissertação (Mestrado). Departamento de Arquitetura, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Coimbra. Portugal. 2012. 298 p.

GARZÓN, Lucia Esperanza. *Un barrio eco-sostenible – diseño modular de construcción mixta con tierra (sistema bahareque pre-fabricado)*. Proyecto experimental biotécnico 2008. In: Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Construção com Terra, 7, Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 3, 2008, São Luiz. p. 455 – 465.

HAYS, Alain; MATUK, Silvia. *Técnicas Mixtas de Construcción com Tierra*. PROTERRA. 2003. 350 p.

HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. *Bamboo the gift of the gods*. Bogotá: D´vinni Ltda., 2003. 71 p.

HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert. *Traité de construction en terre*. Marseille: Parenthèses / CRATerre, 1995. 2. ed., 355 p.

KANAN, Maria Isabel. Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal. Brasília: Iphan/ Projeto Monumenta, 2008. 172 p.

LISBÔA, Sumara. Painel de Pau a Pique – Bambu e Terra – na Ilha de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado). Programa Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. 2019. 170p.

MINKE, Gernot. *Manual de construcción en tierra*. 1 ed. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad. 2001. 222 p.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patricio S.; HOFFMANN, Márcio Vieira. Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA. 2009. Disponível: <<http://www.redproterra.org>> Acessado: 22 fev. 2019.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges. *Técnicas de Construcción com Tierra*. Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista e Rede Ibero-americana PROTERRA. Bauru. 2011. 79p.

OLENDER, Mônica Cristina Henriques Leite. A Técnica

do Pau-a-pique: subsídios para sua preservação. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2006. 119 p.

REZENDE, Marco Antônio Penido de. Taipa de pilão histórica: roteiro para reconstituição. *Arquiteturarevista* nº 2, v. 8, 2012: 101 - 107.

TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. 2009. *Construção em Terra: algumas considerações sobre a seleção de solos*. In: Conferência Engenharia 2009, 10. Covilhã, Portugal, 2009.

VENDRAMI, Julia May; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; DAL SOGLIO, Carolina Rodrigues. Análise de Desempenho Estrutural de Adobe. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 7, 2018. Rio de Janeiro, 2018.

VITOR, Alexandre. Oliveira. Proposta de Habitação de Interesse Social (HIS) em estrutura de bambu: projeto e construção de um protótipo experimental. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, 2018.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6178-6658>

ALEXANDRE OLIVEIRA VITOR | Universidade Federal de Santa Catarina | CTC – Centro Tecnológico | Correspondência para: Servidão Mar Azul, 147 - Campeche, Florianópolis - SC, 88063-173 | e-mail: ale.o.vitor@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5527-4039>

SUMARA LISBÔA, M.Sc. | Universidade Federal de Santa Catarina | CTC – Centro Tecnológico | Correspondência para: Avenida dos Búzios, 992 - Jurerê, Florianópolis - SC, 88053-300 | e-mail: arquitetasumara@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3250-7813>

LISIANE ILHA LIBRELOTTO, Dra. | Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC | Pos-ARQ - Virtuhab| Florianópolis, SC. Brasil | Correspondência para: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, s/nº Trindade – Florianópolis – SC CEP: 88040-900 | E-mail: lisiane.librelotto@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

VITOR, Alexandre Oliveira; LISBÔA, Sumara; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Argamassas de Revestimento com Terra: Finalização do Protótipo Experimental em Bambu da UFSC. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 29-44, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.29-44>.

DATA DE ENVIO: 25/09/2019

DATA DE ACEITE: 12/12/2019

AGRICULTURA URBANA, DESIGN E SUSTENTABILIDADE: UM PANORAMA SOBRE A ALIMENTAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DE CENTROS URBANOS

URBAN AGRICULTURE, DESIGN AND SUSTAINABILITY: AN OVERVIEW OF FEEDING AND THE DEVELOPMENT OF URBAN CENTERS

THALITA BARBALHO, M.Sc. | UEMG

RITA ENGLER, PhD. | UEMG

SEBASTIANA LANA, PhD. | UEMG

RESUMO

A discussão de tópicos alimentares é atual e deve ser considerada para que a sociedade progrida de uma forma mais sustentável. O desenvolvimento da agricultura urbana pode melhorar as condições alimentares, além de possibilitar centros urbanos mais sustentáveis e economias mais verdes. O presente trabalho aborda questões referentes a alimentação e desenvolvimento de centros urbanos e como o design pode auxiliar na transformação de sistemas cada vez mais complexos. Após revisão bibliográfica e pesquisa descritiva, apresenta-se um panorama da agricultura urbana no Brasil e no mundo.

PALAVRAS-CHAVE: Design; Agricultura urbana; Centros urbanos; Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The discussion about the food issue is substantially important nowadays and must be considered in order to achieve a more sustainable progress of society. The development of urban agriculture could improve the nourishing conditions and make urban centers and greener economies something possible. This paper addresses food and urban center development issues and how may design help on changing systems that are getting more complex. After bibliographical revision and descriptive research, an urban agriculture panorama in Brazil and the rest of the world is presented.

KEY WORDS: Design; Urban agriculture; Urban centers; Sustainable development.



1. INTRODUÇÃO

Muito se tem discutido no mundo sobre questões alimentares, tanto em governos como em congressos sobre o tema e entre pesquisadores. Mais recentemente, em 2015, aconteceu uma exposição universal em Milão cujo tema foi “Nutrir o Planeta, Energia para Vida”. Mais de 140 países participaram da feira para discutir questões relacionadas a suas experiências e a possíveis soluções no campo da nutrição. Um outro ponto do evento foi abordar as questões da sustentabilidade ambiental e de toda a cadeia de alimentos, eficiência de energia e água, acesso a alimentos saudáveis e nutritivos, o respeito à terra e aos recursos naturais, sustentabilidade dos processos de produção e a luta contra o desperdício.

Segundo a FAO — Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, em um relatório de 2013, o desperdício de alimentos tem consequências no clima, na água, na terra e na biodiversidade, e o volume de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos desperdiçados anualmente não só causa grandes perdas econômicas, como também tem impacto significativo nos recursos naturais dos quais a humanidade depende para se alimentar.

De acordo com esse estudo da FAO, 54% do desperdício de alimentos no mundo ocorre na fase inicial da produção, ou seja, na manipulação pós-colheita e armazenagem. Os restantes 46% se dão nas etapas de processamento, distribuição e consumo. O desperdício total causa um prejuízo econômico estimado em US\$ 940 bilhões por ano, o que corresponde a cerca de R\$ 4 trilhões hoje.

No Brasil, anualmente, são desperdiçadas 41 mil toneladas de alimentos, entre 30% e 40% da produção de frutas e hortaliças, na fase de pós-colheita. Essas perdas são causadas por fatores patogênicos, fisiológicos e físicos; mas também por manuseio, transporte e armazenamento incorretos, o que, somado aos custos de distribuição e comercialização, eleva os preços de venda e penaliza produtores e consumidores. (Ceasa Minas, 2010)

Um aspecto importante que contribui para agravar situação da disponibilidade mundial de alimentos é o elevado padrão de perdas, especialmente nas etapas de distribuição alimentar, que subtrai do esforço produtivo parcela considerável da produção. Estudos técnicos indicam que é expressivo o desperdício em todas as fases, da produção até o consumo, podendo atingir a cifra de 25% da produção global de alimentos até 2050. (BELIK et al., 2012 *apud* NELLEMAN et al., 2009)

Além do desperdício, o aumento da população é um fator que pode gerar problemas relacionados à segurança alimentar, segundo a Embrapa — Empresa Brasileira

de Pesquisa Agropecuária. A produção de alimentos no mundo, em relação ao período de 2005 a 2007, precisava aumentar 60% até 2050 para suprir a crescente demanda, resultante do crescimento da população no hemisfério sul, aumento do consumo nos países em desenvolvimento e mudanças nos padrões de consumo. Esse aumento na produção gera maior gasto de recursos naturais, como solo, água, energia e nutrientes, o que pode causar problemas sociais e ambientais.

Mais que uma discussão sobre questões alimentares, é importante pensar em todos os aspectos da produção, gerando economias mais verdes. De acordo com relatório feito pelo World Economic and Social Survey:

A "economia verde" tem sido promovida como o conceito-chave a esse respeito, o conceito que incorpora a promessa de um novo paradigma de desenvolvimento, cuja aplicação tem o potencial para garantir a preservação do ecossistema da Terra ao longo de novas vias de crescimento econômico, contribuindo simultaneamente para a redução da pobreza. (WORLD ECONOMIC AND SOCIAL SURVEY, 2001, p.5)

Além disso, o conceito de economia verde é baseado na convicção de que os benefícios de se investir em sustentabilidade ambiental superam o custo de não o fazer e, igualmente, o de ter que proteger os ecossistemas dos danos causados por uma economia não verde. Assim, é necessária uma economia local que pense na sustentabilidade do processo de produção e que se preocupe com a segurança alimentar da população e com questões ambientais.

Essas análises são pensadas com base em áreas rurais, porém pouco se fala de um planejamento para áreas urbanas e sobre o desenvolvimento sustentável utilizando o espaço urbano para alcançar esses objetivos:

A verdade é que o principal sistema de crenças do design urbano moderno — de que as cidade serve para as pessoas morarem e trabalharem, e o campo, para cultivar alimentos — está caindo por terra — um curioso efeito colateral do advento da agricultura urbana e da recente atenção atraída por Cuba como uma nação-modelo e laboratório para desenvolvimento sustentável. (THACKARA, 2008, p.164)

Essas são questões importantes que foram abordadas a nível mundial, mas que precisam ser implementadas a nível local para que aconteça uma mudança significativa na relação alimentar, sendo esse um ponto que deve ser discutido pensando na nossa e nas futuras gerações. Instituições já têm o tema em pauta e estão trabalhando em ação iniciativas para realmente mudar essa questão. O design pode colaborar com esse processo de transformação, e iniciativas como as que veremos neste artigo podem servir de inspiração.

2. DESIGN E MUDANÇAS DE CONTEXTO

Compreender as questões atuais relacionadas à alimentação e ao desenvolvimento sustentável nos leva a entender como o design pode colaborar com iniciativas para economias mais sustentáveis.

Segundo Thackara (2008), 80% do impacto ambiental dos produtos e serviços e infraestrutura ao nosso redor são determinados pelo designer, ou seja, as decisões de design podem moldar os processos e a forma como utilizamos os recursos.

Os designers podem ser agentes para a mudança de cenários já estabelecidos e auxiliar na implementação de processos visando uma melhoria nos sistemas. Segundo Manzini (2008), o design tem em seu “código genético” a ideia de que a sua razão de operar deve ser em função de melhorar a qualidade do mundo.

Mais do que pensar em soluções para novos produtos, os designers devem pensar em sistemas, os quais são cada vez mais complexos, diante da multiplicidade do mundo em que vivemos. Esse desafio não se limita a um único ponto, como resolver questões ambientais ou os gastos energéticos ou o clima ou a alimentação ou a distribuição de renda. Esses pontos devem ser interligados e analisados como parte da cultura em que estão inseridos. Thackara (2008) explica que o grande desafio dos designers é encontrar o equilíbrio para esses múltiplos sistemas.

O objetivo é caminhar em direção ao desenvolvimento que integra interesses sociais econômicos com as possibilidades e limites que a natureza define. (CAMARGO, 2005, p. 15)

Muitas iniciativas já estão sendo desenvolvidas nesse sentido, mas muito ainda deve ser feito. Devemos pensar em modelos de produção mais sustentáveis e menos descentralizados, que gerem economias verdes.

3. O DESENVOLVIMENTO DOS CENTROS URBANOS

Por causa da destruição causada pela Segunda Guerra Mundial, várias cidades europeias foram reconstruídas, e questões como o desenvolvimento urbano sustentável já começaram a ser abordadas.

Apesar de não terem sofrido com a guerra, os Estados Unidos também adotaram políticas semelhantes às que estavam em vigor na Europa. Essas reformulações do espaço urbano se deram em função de aspectos socioespaciais que as cidades passaram a demandar. (Nobre 2004)

Nos anos seguintes, o planejamento urbano ganhou participação social, tendo a insatisfação das populações atingidas por essas políticas levado a uma série de manifestações públicas em vários desses países. (Susskind & Elliott *apud* Nobre, 2004)

Na década de 1980, surge o conceito de ecodesenvolvimento, que propõe que o desenvolvimento econômico seja pautado e direcionado de modo a conciliar eficiência econômica, desejabilidade social e consciência ecológica. (Romeiro, 1999)

O termo “desenvolvimento sustentável” foi introduzido no debate internacional na Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento, chamada “Nosso futuro comum”, e tornou-se palavra-chave na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992 na cidade do Rio de Janeiro (Manzini, 2008).

Desde o seu surgimento, esse termo tem evoluído de forma a abarcar todas as questões que inter-relacionam meio ambiente e desenvolvimento humano. (CAMARGO, 2008, p. 15)

A questão da sustentabilidade nas grandes metrópoles de países em desenvolvimento ainda apresenta grandes desafios relacionados ao processo de produção e apropriação social do espaço urbano, segundo Nobre (2004). A sustentabilidade requer uma descontinuidade sistêmica, e esse é um dos pontos abordados por Manzini (2008), que mostra que essa descontinuidade deve ser planejada, pois centros urbanos poderiam ser pensados para serem mais sustentáveis e autossuficientes.

No Brasil, o Relatório Brundtland, ao estabelecer o termo “desenvolvimento sustentável”, define:

Desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras (...) é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. (IBGE, 2004)

Não foram planejadas, entretanto, áreas de plantação que fossem menos centralizadas e pudessem atender às necessidades dos moradores de uma determinada região. Segundo Thackara (2008), sistemas de alimentação fazem parte de programas para tornar os centros urbanos mais sustentáveis. O desafio dos designers seria, assim, juntar diferentes recursos e oportunidades para possibilitar o equilíbrio e a sustentabilidade do espaço urbano.

As cidades modernas afetam fortemente seu ambiente natural e a biodiversidade das suas áreas e das áreas vizinhas, esgotando muitos recursos para estocar alimentos, materiais e energia; depositando seus resíduos sólidos e despejando resíduos, contaminando a água e o ambiente natural (SANTANDREU *et al.*, 2007)

Camargo (2005) mostra que os problemas ambientais com que nos defrontamos não são novos, mas que só recentemente sua complexidade começou a ser compreendida.

4. AGRICULTURA URBANA

A associação quase instantânea que é feita entre agricultura e meio rural pode levar a uma impressão de incompatibilidade entre agricultura e meio urbano. (Aquino; Assis, 2007) Porém, a agricultura em cidades já é praticada há muito tempo.

A FAO previu, em seu relatório de 1998, que, em 2015, 26 cidades em todo o mundo teriam mais de 10 milhões de habitantes e que, para alimentar essa população, seria necessário importar pelo menos 6.000 toneladas de alimentos por dia. Hoje, são 30 cidades com mais de 7 milhões de habitantes. No Brasil, sete são as cidades com mais de 2 milhões de habitantes, e cada uma dessas cidades precisa importar cerca de 1.200 toneladas de alimentos por dia. Esse é um dos pontos que uma urbanização não planejada pode trazer como problema.

É verdade que o termo “agricultura urbana” ainda está em construção, mas já vem sendo difundido por diversas organizações não governamentais e governos do mundo inteiro, pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e pela FAO. O principal ponto que define a prática é o fato de que a agricultura interage e está integrada com o ecossistema urbano.

A agricultura urbana desempenha um papel muito importante na alimentação das populações de cidade, garantindo desenvolvimento e renda. Ainda, na medida em que é demonstrada a eficiência dessa atividade, esse fator faz despertar o interesse de pesquisadores e governos para a elaboração de políticas.

A produção agrícola, além de processos ecológicos, envolve processos sociais, sendo a agricultura o resultado da coevolução de sistemas naturais e sociais (Aquino; Assis, 2007). A implementação de hortas urbanas pode gerar renda, desenvolvimento social e melhora da qualidade de vida. Entre outros benefícios, também pode fazer parte de um programa para garantir a segurança alimentar dos cidadãos e um desenvolvimento urbano mais sustentável.

A segurança alimentar é um ponto que deve ser considerado para garantir a qualidade de vida de cada indivíduo e que fica comprometido quando os alimentos não chegam de forma “tranquila” para a população. O desperdício durante a cadeia produtiva, a escassez de alimentos, o não acesso aos alimentos e o uso indiscriminado de agrotóxicos e pesticidas são fatores que comprometem esse ponto. A não utilização desses produtos

para a manutenção da agricultura pode ser observada na produção de alimentos orgânicos, que também são uma possibilidade para o desenvolvimento mais sustentável.

Segundo a Cúpula Mundial de Alimentação, “segurança alimentar e nutricional” significa condições de acesso a alimentos básicos de qualidade, em quantidade suficiente, de modo permanente e sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais.

Esse pode ser um grande benefício das hortas urbanas, pois a produção é descentralizada, e os pontos de produção estão mais próximos do consumidor, o que reduziria problemas de transporte, manuseio inadequado e desperdício. Ainda, a produção de orgânicos pode ser uma possibilidade interessante para a viabilização da agricultura em pequena escala, tendo em vista que a baixa dependência de insumos externos facilita a adoção dessa forma de produção por esse tipo de agricultor. (ASSIS, 2003)

O rápido crescimento populacional, aliado ao êxodo rural e à crise global, é condição para o início da atividade de produção agrícola nas cidades em muitos países sub-desenvolvidos ou em desenvolvimento. Essa produção também é considerada uma solução, devido à escassez de oportunidades adequadas e acessíveis para obtenção de renda, somada a uma demanda não satisfeita nas áreas urbanas de produtos agrícolas em quantidade e qualidade suficientes. (Aquino; Assis, 2007)

As experiências urbanas se dirigem à valorização de espaços limitados existentes em bairros e loteamentos onde residem populações socialmente marginalizadas para uma produção voltada ao autoconsumo, possibilitando o aumento da disponibilidade de alimentos e a diversificação da dieta das famílias. Além disso, o exercício da agricultura urbana vem permitindo que as famílias envolvidas fortaleçam seus laços de vida comunitária, condição indispensável para a emergência de estratégias coletivas para fazer frente aos riscos de insegurança alimentar e nutricional. (WEID, 2004)

O uso produtivo de espaços urbanos proporciona a limpeza dessas áreas e uma melhoria considerável ao ambiente local, diminuindo a proliferação de vetores de doenças, além de conduzir a melhores hábitos alimentares. Muitos materiais, como embalagens, pneus e entulhos, são também utilizados para a contenção de pequenas encostas e canteiros. Os resíduos orgânicos domiciliares são aproveitados na produção de composto empregado nas atividades de agricultura urbana. (ALMEIDA, 2012)

Para isso, é preciso pensar em iniciativas que envolvam as pessoas, pois sistemas complexos são moldados por todas as pessoas que os utilizam, não apenas pelos

designers. Isso significa que profissionais do design devem evoluir de criadores de objetos ou construtores para agentes capacitadores da mudança envolvendo grandes grupos de pessoas. (THACKARA, 2008, p. 26)

Cabe ao designer unir suas habilidades às da comunidade e definir objetivos que combinem as necessidades e exigências desta aos critérios de sustentabilidade que estão gradualmente vindo à tona. (MANZINI, 2008, p. 28)

Com o crescimento populacional e das cidades, uma grande parte da responsabilidade comunitária foi transferida ao poder público ou ao setor privado. Nesse contexto, a agricultura nas cidades, no plano comunitário, é uma boa ferramenta para a autogestão dos recursos e para alcançar uma biodiversidade máxima e ótima. (SMIT, 2001)

Afinal, como já abordamos, a implementação da agricultura urbana pode contribuir para o bem-estar das comunidades locais e para a conservação da biodiversidade, proporcionando uma melhoria da gestão dos resíduos sólidos e no microclima. (SMIT, 2001)

Ainda, como um retrato da viabilidade da agricultura nas cidades, há vários trabalhos que mostram como os “pobres urbanos” desenvolveram estratégias inovadoras para atender às suas necessidades alimentares e de saúde. (Cabannes; Mougeot. 1999)

Por fim, a ecologia de uma cidade é complexa, e um nível altíssimo de coordenação é necessário entre prestadores de serviços, consumidores e produtores. A agricultura urbana, nesse sentido, tem mais relação com design de serviço. (THACKARA, 2008, p. 166-167)

5. EXPERIÊNCIAS COM AGRICULTURA URBANA NO BRASIL

Um estudo feito em 2007 identificou mais de 600 iniciativas por todo o Brasil, maiormente de produção para o consumo, mas também algumas que tinham como ponto principal a comercialização (Santandreu et al., 2007). Onze regiões metropolitanas foram pesquisadas — Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR), Porto Alegre (RS), Rio de Janeiro (RJ), São Paulo (SP), Brasília (DF), Goiânia (GO), Belém (PA), Fortaleza (CE), Recife (PE) e Salvador (BA).

Isso demonstra que essa prática é uma realidade que abarca uma grande diversidade de contextos e apresenta uma ampla capacidade de expansão e muitas possibilidades de consolidar-se como uma atividade permanente e multifuncional na escala local (Santandreu *et al.* 2007), sendo um bom caminho para um desenvolvimento mais sustentável.

Para a FAO, Belo Horizonte é exemplo em termos de agricultura urbana. Em 2014, foram contabilizadas 48 hortas comunitárias na cidade, com cerca de 150 metros

quadrados, que são utilizadas para plantio de vegetais e ervas tanto para consumo doméstico quanto para comercialização — e a maioria dessas práticas é de produtos orgânicos. Com elas, o número de pessoas com “insegurança alimentar” baixou de 50 mil para 30 mil desde que, em 1998, a agricultura urbana começou a desenvolver-se na cidade.

Hoje, 33 organizações da sociedade civil e agências governamentais têm como objetivo revisar o plano de uso do solo das cidades para incluir a agricultura urbana como uso não residencial da terra, entre comércio, serviços e indústria. Esse reconhecimento estabelece a agricultura urbana como uma atividade econômica, e “agricultores urbanos” como uma categoria profissional.

Segundo Almeida (2004), o impacto de hortas comunitárias em Belo Horizonte demonstra o potencial das iniciativas de agricultura urbana para a melhoria da segurança alimentar e das condições socioeconômicas e ambientais de comunidades de baixa renda, independentemente do tamanho das cidades ou da região em que estão localizadas.

Em 2007, a Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA) realizou uma pesquisa sobre agricultura urbana e periurbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RJ), identificando, em princípio, cerca de 70 iniciativas de agricultura urbana e periurbana, boa parte delas localizadas em comunidades que vivenciam situações de pobreza e miséria. A grande maioria das iniciativas tem relação com a promoção da segurança alimentar e nutricional das famílias envolvidas (Santandreu; Lovo, 2007).

Além de Belo Horizonte e Rio de Janeiro, muitas outras cidades no Brasil têm iniciativas que visam usar a agricultura urbana como prática para promover um desenvolvimento mais sustentável social e economicamente e promover cidades mais verdes.

5.1 Cuba

Já nos anos 1950, a agricultura cubana havia se modernizado, e os monocultivos de exportação tinham maior importância que a produção de alimentos. Além disso, os métodos de produção dependiam de insumos e matérias-primas importados, e muitos componentes dos produtos agrícolas eram também importados, o que intensificava a dependência externa. (Aquino; Assis, 2007)

Um forte movimento agrícola se desenvolveu nas cidades e assentamentos desse país com o início dos processos revolucionários que ocorreram com a queda do socialismo em outras nações, com o fim da União Soviética e com o forte bloqueio comercial dos Estados Unidos (Funes, 2001). Em 1989, mais de 57% do consumo calórico

de Cuba era importado da União Soviética. Com o seu colapso, Cuba subitamente se tornou a única responsável em alimentar a sua população, que era de 10,5 milhões de habitantes. (Banco Mundial, 2016)

A assistência técnica nas áreas urbanas e periurbanas é realizada a partir de visitas técnicas periódicas de profissionais vinculados ao Grupo Nacional de Agricultura Urbana (GNAU), abrangendo todo o território nacional. A agricultura urbana de base ecológica desenvolvida em Cuba pode ser subdivida em dois. De um lado, encontramos os sistemas produtivos organizados pela lógica da substituição de insumos químicos por orgânicos. De outro, a agricultura baseada em processos, caracterizada pela autossuficiência técnica das unidades produtivas proporcionada pela produção e reciclagem dos insumos de que necessitam para produzir (Lopes *et al.*, 2015).

Todas essas mudanças de contexto fizeram com a que a agricultura urbana em Cuba se desenvolvesse com vigor, e hoje ela se estende por todo o país. Tal movimento lançou as bases para demonstrar as possibilidades que existem para produzir alimentos nas cidades.

Esse setor se desenvolveu muito e de forma constante nos últimos anos, sendo, hoje, um importante fornecedor de alimentos para a população, um dos pontos que, segundo o relatório bienal da WWF (2006), colocam Cuba como um dos países com desenvolvimento sustentável.

5.2 Outros países

A prática da agricultura urbana tem sido percebida em âmbito mundial em países desenvolvidos e subdesenvolvidos.

Em Detroit (EUA), o Greening of Detroit, departamento de agricultura urbana da cidade, está empenhado em ajudar todos os habitantes a desenvolverem uma relação saudável com a comida por meio da produção autossuficiente de alimentos e uma maior sensibilização quanto a jardinagem, nutrição e sistemas alimentares locais. (Greening of Detroit, 2016)

O Brooklyn Grange Rooftop Farms, em Nova York (EUA), tem 43 mil metros quadrados utilizados para produzir diferentes alimentos. Lá, cultivam-se saladas verdes, acelga, couve, berinjela, manjeriço, pepino e cerejas, o que resulta em 20 toneladas de produtos frescos anualmente (Andrade, 2015). O objetivo é construir espaços verdes e promover a vida sustentável e a ecologia local por meio de alimentos e educação, de modo a gerar uma mudança positiva na comunidade. (Brooklyn Grange Farm, 2016)

Em Hong Kong, a Hong Kong Value Farm é uma horta que oferece à comunidade local uma variedade de

alimentos que vão de frutas a leguminosas e tubérculos, tudo de graça. O projeto se chama Value Farm porque busca o “valor de cultivar a terra em esforço coletivo”. (Andrade, 2015)

Em Todmorden, uma pequena cidade da Inglaterra, o projeto The Incredible Edible Todmorden cultiva hortas coletivas em espaços públicos da cidade, e todo alimento cultivado está disponível para todos os moradores gratuitamente, com mais de 40 hortas de comestíveis espalhadas pela cidade. A ideia é que os moradores cultivem seu próprio alimento e reflitam sobre os recursos que consomem. (Andrade, 2015)

Os espaços urbanos, cada vez mais, têm sido percebidos como oportunos para o desenvolvimento da agricultura e para um ecossistema mais sustentável.

6. CONCLUSÃO

Muito é falado sobre o desperdício alimentar, mas pouco está sendo feito para realmente acabar com esse problema, que, em boa parte, é gerado pelo crescimento das metrópoles e pelo não planejamento urbano, com pontos de plantação e distribuição desses alimentos distantes das cidades.

Existe a oportunidade de que os espaços urbanos sejam revalorizados como áreas destinadas também à produção de alimentos. A implementação da agricultura urbana pode gerar renda, melhoria na qualidade de vida, desenvolvimento social, entre muitos outros benefícios; por isso, ela pode ser pensada como uma ótima oportunidade para o desenvolvimento mais sustentável dos centros urbanos e para gerar economias mais verdes.

A segurança alimentar é muito importante, mas a sustentabilidade de uma cidade também deve estar relacionada a questões econômicas, sociais, ambientais e culturais. Diante de sistemas cada vez mais complexos, o grande desafio é modificar as formas de pensar e agir em torno da questão ambiental, que passa pela transformação da vida nas cidades e pela mudança nos hábitos da população urbana e das políticas públicas para os municípios.

O papel do design é oferecer novas soluções a problemas velhos ou novos e propor estratégias para mudanças sistêmicas e para processos de discussão social, colaborando com a construção de visões compartilhadas sobre possíveis futuros mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Daniel, Agricultura Urbana e Segurança Alimentar em Belo Horizonte: cultivando uma cidade sustentável. *Agriculturas – Experiências em*

- Agroecologia. Rio de Janeiro, v. 1, n. 0, p. 25-28, 2004.
- ALMEIDA, Daniel. 2012 Disponível em: <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/brazil/seguranca-alimentar/agricultura-urbana-e-seguranca-alimentar-em-belo> Acessado em 15 Out. 2016.
- AQUINO, Adriana Maria de; ASSIS Renato Linhares de. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. Campinas, SP, 2007, p. 137-150.
- ANDRADE, Wendy. 2014 Disponível em: <http://sustentargui.com.br/urbanismo-paisagismo/5-exemplos-de-hortas-urbanas-pelo-mundo/> Acessado em 16 Out. 2016.
- ASSIS, R. L. de. Agroecologia: diferentes entendimentos e encaminhamentos a partir de uma abordagem histórica. In: ARAÚJO, J. B. S.; FONSECA, M. F. de A. C. (Ed.). Agroecologia e Agricultura Orgânica: cenários, atores, limites e desafios – uma contribuição do CONSEPA. Vitória: CONSEPA, 2004. p. 23-45.
- ASSIS, R. L. de. Globalização, Desenvolvimento Sustentável e Ação Local: o caso da agricultura orgânica. Cadernos de Ciência e Tecnologia. Brasília, v. 20, n. 1, p. 79-96, 2003.
- BANCO MUNDIAL - Disponível em: <http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL> Acessado em 16 Out. 2016.
- BELIK, Walter; CUNHA, Altivo Roberto Andrade de Almeida; COSTA Luciana Assis. Crise dos alimentos e estratégias para a redução do desperdício no contexto de uma política de segurança alimentar e nutricional no Brasil. p. 109-132, 2012.
- BROOKLYN GRANGE FARM, 2015 Disponível em: <http://www.brooklyngrangefarm.com/> Acessado em 16 Out. 2016.
- CAMARGO, Ana Luiza de Brasil. Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios.
- CABANNES, Y.; MOUGEOT, L. 1999. El estado de la agricultura urbana en América Latina y el Caribe. La Era Urbana, Suplemento para América Latina y el Caribe 1. CMA — Cupula Mundial da Alimentação. Disponível em: <http://amar-bresil.pagesperso-orange.fr/documents/secual/san.html> Acessado em 15 Out. 2016
- CEASA MINAS. Avaliação do mercado de frutas e hortaliças embaladas, minimamente processadas, orgânicas e desidratadas na capital de Minas Gerais. Contagem, MG, 2010.
- Embrapa — Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [https://www.embrapa.br/tema-seguranca-alimentar-nutricao-e-saude/](https://www.embrapa.br/tema-seguranca-alimentar-nutricao-e-saude/nota-tecnica) nota-tecnica Acessado em 10 Out. 2016.
- Embrapa — Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos/sobre-o-tema> <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2016-06/brasil-desperdica-40-mil-toneladas-de-alimento-por-dia-diz-entidade> Acessado em 10 Out. 2016
- EXPOSIÇÃO UNIVERSAL. Disponível em: <http://www.expo2015.org/> Acessado em 10 Out. 2016.
- EXPOSIÇÃO UNIVERSAL. Disponível em: <http://www.expo2015.org/rivivi-expo/la-carta-di-milano/> Acessado em 10 Out. 2016.
- FAO — Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Disponível em: <https://www.fao.org.br/dacatb.asp> Acessado em 10 Out. 2016
- FAO — Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/pdf/GGCLAC/Ciudades-mas-verdes-America-Latina-Caribe.pdf>
- FAO-SOFA. The state of food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. Roma, 1998.
- FAO — Disponível em: http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/en/GGCLAC/belo_horizonte.html Acessado em 15 Out. 2016.
- IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de desenvolvimento sustentável — Brasil, 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/introducao.pdf> Acessado em 10 Out. 2016.
- FUNES, F. El movimiento cubano de agricultura orgánica. In: FUNES, F.; GARCIA, L; BOURQUE M.; PÉREZ N.; ROSSET, P. (Ed.). Transformando el campo cubano. La Habana: ACTAF, Cuba, 2001. p. 15-38.
- GREENING OF DETROIT - Disponível em: <http://www.greeningofdetroit.com/> Acessado em 16 Out. 2016.
- LOPES, Paulo Rogério; LOPES, Keila Cassia Santos Araújo. 2012 Disponível em: <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/brazil/semear-agroecologia-nas-cidades/agricultura-urbana-ecologica-cuba> Acessado em 15 Out. 2016.
- MANZINI, Ezio. Design para a inovação social e sustentabilidade: Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. Rio de Janeiro, RJ: E-papers, 2008.
- NOBRE, Eduardo A. C. Desenvolvimento urbano e

sustentabilidade: uma reflexão sobre a Grande São Paulo no começo do século XXI. São Paulo, 2004.

ROMEIRO, Ademar. Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares. *Econômica: Revista de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal Fluminense*, volume 1, número 1, 1999. p. 75-103

SANTANDREU, Alain; LOVO, Ivana Cristina. Panorama da Agricultura Urbana e Periurbana no Brasil e Diretrizes Políticas para sua Promoção: Identificação e Caracterização de Iniciativas de AUP em Regiões Metropolitanas Brasileiras. Belo Horizonte, MG, 2007.

SMIT J. 2001. Agricultura Urbana y Biodiversidad. *Revista Agricultura Urbana, RUAUF, IPES, PGU/ALC* 1(1): 11-12.

THACKARA, Jonh. Plano B: O design e as alternativas viáveis em um mundo complexo. São Paulo: Editora Saraiva, 2008.

World Economic and Social Survey 2011: The Great Green Technological Transformation. United Nations, New York, 2011

WEID, Jean Marc von der. Agroecologia: Condição para a segurança alimentar. *Experiências em Agroecologia*. Rio de Janeiro, 2004

WWF — Relatório Planeta Vivo 2006. Suíça, 2006.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1910-9431>

THALITA BARBALHO, M.Sc. | UEMG | Design | Belo Horizonte - MG - BR | Rua Cândido Siqueira, 264, Nova Vista, BH / MG | CEP 31070180 | barbalho.thalita@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5707-2924>

RITA ENGLER, PhD. | UEMG | Design | Belo Horizonte - MG - BR | Av. Pres. Antônio Carlos, 7545 - São Luiz, BH / MG | CEP 30270-010 | rita.engler@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2076-5943>

SEBASTIANA LANA, PhD. | UEMG | Design | Belo Horizonte - MG - BR | Av. Pres. Antônio Carlos, 7545 - São Luiz, BH / MG | CEP 30270-010 | sebastiana.lana@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

BARBALHO, Thalita; ENGLER, Rita; LANA, Sebastiana. Agricultura Urbana, Design e Sustentabilidade: Um Panorama Sobre a Alimentação e o Desenvolvimento de Centros Urbanos. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 45-52, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.45-52>.

DATA DE ENVIO: 10/10/2019

DATA DE ACEITE: 18/12/2019

O USO DO ADOBE NO BRASIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

THE USE OF ADOBE IN BRAZIL: A LITERATURE REVIEW

DANIEL PINHEIRO SANTOS | UFMG
SOFIA ARAÚJO LIMA BESSA, Dra. | UFMG

RESUMO

A utilização do adobe pelo homem, como técnica de construção resolutive à demanda habitacional desde o próprio surgimento desta necessidade, é uma verdade irrefutável. Não obstante, sua tradição se mantém até os tempos atuais. No Brasil, a técnica foi amplamente utilizada no período colonial, passando por diversos cenários e tendências, tendo seu uso declinado a partir da Revolução Industrial, pela oferta de novos materiais aparentemente vantajosos. Com os crescentes problemas ambientais causados pelo uso desenfreado desses materiais, o adobe, dentre outras técnicas de construção com terra, ressurge com potencial de aplicação, principalmente pelo baixo impacto ambiental associado. Este trabalho teve como objetivo analisar a produção do conhecimento sobre o adobe no panorama nacional, desde o período colonial até os dias atuais com enfoque nos últimos 10 anos, buscando-se entender seu processo dinâmico de atuação tanto na paisagem arquitetônica brasileira como no aspecto sociocultural associado, identificando as causas da retomada no seu uso por meio da questão da sustentabilidade. Os resultados evidenciaram um aumento gradativo no número de publicações correlatas na última década, mas também pode-se perceber uma demanda considerável por novas pesquisas na área, além da atuação política e social para a sua consolidação na cadeia da construção civil nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Alvenaria de terra; Arquitetura de terra; Estado-da-arte; Construção Sustentável

ABSTRACT

The use of adobe by human, as a technique for the construction of housing demand since the very emergence of this need, is an irrefutable truth. Nevertheless, its tradition continues to the present times. In Brazil, the technique was widely used in the colonial period, going through various scenarios and trends, and its use declined after the Industrial Revolution, by offering new competitive and apparently advantageous materials. With the growing environmental problems caused by the rampant use of these materials, adobe, among other earth construction techniques, resurfaces with application potential, mainly due to the low associated environmental impact. This paper aims to analyze the production of knowledge about adobe in the national panorama, from the colonial period to the present day focusing on the last 10 years, seeking to understand its dynamic process of action both in the Brazilian architectural landscape, and in the associated socio-cultural aspect. , identifying the causes of the resumption in its use through the question of sustainability. The results showed a gradual increase in the number of related publications in the last decade, but also identified a considerable demand for new research in the area, in addition to the political and social action for its consolidation in the national construction chain.

KEY WORDS: Earth Masonry; Earthen Architecture; State-of-Art; Sustainable Construction



1. INTRODUÇÃO

Existem construções com adobe em todos os continentes do planeta, em climas quentes ou frios, subtropicais ou temperados, em todas as latitudes e quase todas as culturas e civilizações pré-industriais se utilizaram dele para edificar (Dethier, 1985). Essa técnica construtiva tem se adaptado à forma de vida humana desde as primeiras habitações, ainda no período neolítico, há pelo menos 10 mil anos, com os primeiros sistemas de cultivo e de criação de animais feitos pelo homem, sendo considerada uma das mais antigas, presente na maioria dos sítios arqueológicos e edifícios históricos no mundo (Pacheco-Torgal e Jalali, 2011; Mazoyer e Roudart, 2008; Dethier, 1985).

Dentre as diversas técnicas de construção com terra, o adobe se apresenta como uma das mais tradicionais. As muralhas de Jericó na atual Palestina (Oshiro, 1990), assim como suas moradias, são uma das primeiras evidências da utilização dessa técnica, no Neolítico Pré-Cerâmico A, 9 mil anos antes de Cristo (Val, 2003). De acordo com Berge (2009), os adobes mais antigos já encontrados foram localizados na parte superior da bacia do rio Tigree datam 7500 a.C. Porém, ao longo da história, as técnicas de construção com terra passaram por diversos cenários e tendências que culminaram na diminuição do seu emprego, principalmente nos centros urbanos.

A nível mundial, não há um consenso específico para o período de declínio da construção com terra, porém atribui-se de forma geral para algum momento após a Revolução Industrial, no século XIX. Para McHenry (1989) na década de 1940 – pós Segunda Guerra Mundial – a devoção por materiais mais modernos levou ao declínio no uso da terra como material de construção, que passou ser utilizada para construção de grandes casas de luxo ou para as habitações dos muito pobres, que não tinham outra escolha, com pouca ou nenhuma aceitação entre a população flutuante entre essas duas classes.

Revue-Acosta et al. (2010) e Parra-Saldivar e Batty (2005) identificaram esse declínio um pouco mais cedo, no final do século XIX, quando começou a abundante oferta de materiais manufaturados baratos.

Por outro lado, é preciso entender que esse movimento não aconteceu de maneira unânime e análoga por todo o mundo, uma vez que outros autores relatam justamente o resgate pelo uso da terra neste período, também marcado pela escassez de materiais, devido ao grande investimento na indústria bélica, durante a Segunda Guerra Mundial.

Também houve um breve renascimento na construção com terra em países como França e Grã-Bretanha neste período, tanto pela escassez de materiais como pela

urgente necessidade de relocar populações afetadas pela guerra (Dipasquale et al., 2011). Da Costa (2015) identificou uma dinâmica semelhante ocorrida no mesmo período em Portugal, onde houve um diálogo entre a arquitetura vernácula e a arquitetura clássica.

Um pouco mais tarde, entre 1981 e 1982, uma ampla exposição e conferência organizada por Jean Dethier chamou a atenção pelo enfoque de abordagem, exibida no Centre George Pompidou em Paris, intitulada “Des architectures de terre ou l’avenir d’une tradition millénaire” – “Arquitetura de terra ou o futuro de uma tradição milenar” (tradução nossa) - tinha como tema principal a terra como material de construção e tornou-se um dos veículos de difusão mais conhecidos e visitados da arquitetura de terra, que hoje, depois do bambu, é o material de construção mais difundido no mundo (Correa, 2006; Berge, 2009).

Assim, há um consenso entre os autores quanto ao evidente crescimento pelo interesse nas técnicas de construção com terra em algum momento na segunda metade do século XX; Berge (2009) afirmou que, desde o início dos anos da década de 1980, a construção com terra experimentou um renascimento tanto na Europa como na América do Norte; Dipasquale et al. (2011) identificaram esse interesse um pouco antes, na década de 1960. Paradoxalmente, ainda em meio a esta tímida ascensão, Moquin (1996) registrou vestígios de um preconceito arraigado e latente quando descreve a proibição, na década de 1970, pelo governo alemão, na construção de edifícios com paredes estruturais de terra; nessa mesma década, Revuelta-Acosta et al. (2010) sugeriu o advento da crise do petróleo como uma das principais motivações pelo retorno no interesse das técnicas de construção com terra, por conta da sua menor demanda energética no processo de fabricação e melhor conforto térmico, quando comparado com as técnicas convencionais.

Na última década - início do século XXI - registrou-se uma crescente atenção da comunidade científica ilustrada pelo número dez vezes maior de artigos de pesquisa publicados quando comparado à década anterior (Pacheco-Torgal e Jalali, 2011). No Brasil, a situação não fugiu à regra. O número de publicações sobre a terra como material de construção tem aumentado consideravelmente, aliado à realização de eventos acadêmicos e técnicos voltados especificamente à essa temática e ao surgimento de escritórios de arquitetura e de empresas de construção especializadas na área, além do surgimento de redes de profissionais – PROTERRA e Terra Brasil – voltadas para a discussão, normatização e divulgação da construção com terra, ambas com números expressivos de membros no Brasil. Esse resgate é justificado por diversos fatores,

sendo principalmente associados às propriedades físicas, químicas, térmicas, acústicas e mecânicas das técnicas de construção com terra, além de fatores sociais, culturais, técnicos, econômicos e históricos associados.

Dessa forma, este trabalho teve como principal objetivo avaliar o processo histórico do adobe no Brasil, desde o período colonial, com enfoque na última década, a partir da reunião do maior número de publicações acadêmicas e científicas sobre o tema, principalmente no período analisado (2008-2018), buscando contribuir no entendimento das dinâmicas envolvidas nos projetos de pesquisa desenvolvidos neste período e principalmente interpretar e classificar os resultados obtidos e identificar possíveis lacunas ainda poucos exploradas, evidenciando possíveis tendências a serem investigadas em trabalhos futuros.

2. ADOBES NO BRASIL

No Brasil, os sistemas construtivos com terra foram introduzidos e largamente utilizados no período colonial, entre os séculos VXII e XVIII, por influência da arquitetura característica vigente em Portugal à época, e também por influência dos povos africanos trazidos como escravos, uma vez que não há indícios de que os povos indígenas nativos utilizaram a terra como material de construção (Barbosa e Ghavami, 2007; Salgado, 2010; Silva, 2011).

Podem ser encontradas construções com terra remanescentes da herança colonial portuguesa em diversas regiões, como no norte de Minas Gerais, interior da Bahia e Goiás (Corrêa, 2013), interior do estado do Ceará (Abreu, 2009), interior do Piauí (Alexandria e Lopes, 2008; Delmonaco et al., 2018), Mato Grosso, Paraná e São Paulo (Araújo, 2009), além de regiões rurais e urbanas de outros diversos estados brasileiros. Ainda no período colonial, Reis Filho (1987) registrou que o adobe era empregado nas construções mais simples, sendo a pedra e barro utilizados nas residências mais importantes. Outro padrão identificado neste mesmo período por Santos (2008), propõe a utilização do adobe nas construções do interior e pedra e cal nas construções litorâneas, baseada na disponibilidade dos materiais locais.

“A eliminação das técnicas tradicionais, em nome da higiene e da saúde pública, é uma tendência forte nas legislações urbanas a partir do século XIX, com o chamado higienismo” (Santos, 2008, p. 246). Em São Paulo, Santos (2008) registrou que na virada do século XIX, a maioria das construções já era feita de alvenaria de tijolos. A técnica, surgida em 1850 no estado, levou em média apenas 50 anos para substituir a arquitetura de terra. Outra iniciativa mais radical se baseou no proibicionismo, adotado por alguns estados brasileiros. Em 1894, no estado de São Paulo

foi publicada uma lei proibindo a construção com terra e também qualquer outro modelo arquitetônico que remetesse ao período colonial (Lemos, 1989), o que também ocorreu de forma análoga no Rio de Janeiro um pouco depois, onde o adobe e a técnica mista foram impedidas de ser empregadas (A casa, 1928 apud Santos, 2008).

Com a implantação dessas políticas públicas com maior ênfase nas grandes zonas urbanas, a herança construtiva do adobe permaneceu vigente apenas no interior do país, sendo absorvida pelo cotidiano do povo rural e nas áreas periféricas, devido a sua facilidade de execução e baixo custo.

Gustavo Barroso, em 1912, foi o primeiro autor a descrever detalhadamente as casas sertanejas como “(...) humildes, quer sejam de palha só ou de palha e adobe como a dos pobres, quer sejam de taipa e telha como a dos abastados” (Barroso, 1912), o que evidencia a utilização do adobe, no início do século XX, nas regiões mais áridas e carentes do país.

A partir de 1930, iniciou-se uma série de propostas que, ainda de forma tímida e pontual, representam a retomada pela valorização das técnicas tradicionais. Porém, pareceu ter havido um hiato quanto à utilização do adobe neste período em obras arquitetônicas relevantes, uma vez que destacam-se, dentre essas iniciativas, a utilização da técnica mista, paredes monolíticas de solo-cimento e de taipa de pilão, pelos arquitetos Lúcio Costa, em 1936, e Acácio Gil Borsó, na década de 1960, pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), em 1940, e pelo engenheiro agrônomo Carlos B. Schmidt, em 1945, respectivamente (Joaquim, 2015; Nito e Amorim, 2015; Pinheiro et al., 2016).

É com a crise do petróleo na década de 1970, aliada aos crescentes problemas ambientais causados, principalmente, pela emissão massiva de poluentes gerados pela indústria - ocasionando eventos popularmente conhecidos como “ilhas de calor” e ou “aquecimento global” - alto consumo energético requisitado pelas novas tecnologias, extração descontrolada de matérias-primas não renováveis, frequentes crises econômicas e desigualdade social acentuada, que a construção com terra ressurgiu de forma mais significativa, tanto pelo viés técnico como no âmbito acadêmico. Porém, na década de 1970, não há registros de construções de grandes conjuntos habitacionais pela iniciativa pública com técnicas de construção com terra, somente obras particulares (Revue-Acosta et al., 2010; Joaquim, 2015; Nito e Amorim, 2015; Pinheiro et al., 2016).

Apenas na década de 1990, como registra Agopyan (2000), o Brasil passou a adotar as primeiras medidas mais consistentes em busca de uma construção civil mais sustentável, resultando num avanço considerável na utilização da terra, como descreveu Salgado (2010).

3. MÉTODO

Nos últimos 10 anos, os trabalhos científicos sobre o uso do adobe apresentaram uma preocupação comum em resgatar seu uso, seja pela conservação do patrimônio ou pela inovação tecnológica, desmistificando preconceitos relativos à construção com terra e promovendo o emprego dessas técnicas de forma mais competitiva no cenário da construção civil. A partir do levantamento realizado, foram identificados 71 trabalhos sobre o tema na última década. O levantamento dos trabalhos foi realizado a partir de uma ampla busca nas principais bases de dados científicas online como: ResearchGate, Google Acadêmico, Portal de Periódicos da CAPES, ScienceDirect e Scielo, a partir do termo “adobe” combinado com outros como “construção”, “propriedades”, “terra” e “arquitetura”. Houve também uma busca diretamente nos anais de eventos acadêmicos voltados à arquitetura e construção com terra, como SIACOT e TerraBrasil e nas edições anteriores dos principais periódicos nacionais de arquitetura e engenharia a partir dos listados na Plataforma Sucupira da CAPES.

Dentre os trabalhos coletados, observou-se alguma similaridade quanto à temática principal dos artigos associada ao adobe, constatando-se alguma semelhança na metodologia adotada e no enfoque do enredo de investigação. Assim, foi proposta uma classificação distribuída nas categorias que mais se repetiram em relação à abordagem principal de cada trabalho, sendo definidas como: levantamento, viés social, adição estabilizante, inovação tecnológica e análise da técnica.

Na categoria “levantamento”, foram reunidos trabalhos cujos objetivos foram a catalogação de patrimônio, habitações e/ou métodos construtivos com adobe, em determinada região de interesse.

Os trabalhos classificados como “viés social” possuem uma abordagem sociocultural associada, geralmente com foco em habitações de interesse social e permanência da tradição na construção com adobes pelos mestres artesãos. Muitos trabalhos possuíam o intuito de avaliar as propriedades físicas e mecânicas de adobes com incorporação de adições estabilizantes, sendo assim criou-se esta categoria.

As pesquisas com viés investigativo para propor outras inovações quanto à metodologia de produção, avaliação e novas práticas construtivas com os adobes foram inseridas na categoria de “inovação tecnológica”.

A categoria denominada “análise da técnica” propôs reunir estudos cujo objetivo foi a avaliação das propriedades físicas, mecânicas, térmicas e ou viabilidade econômica dos adobes sem estabilização evidente, com base em normativos nacionais vigentes e/ou bibliografia técnica correlata.

Após a categorização dos temas e a divisão dos trabalhos levantados, foi realizada uma análise geral dos trabalhos, bem como análises mais individualizadas de cada categoria. Esta divisão foi proposta no intuito de facilitar o entendimento e a avaliação de cada linha de pesquisa e, por consequência, de cada trabalho consultado.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Pelas análises realizadas, percebeu-se que, em regiões nas quais o emprego dos adobes se originaram de uma herança cultural tradicional e algumas construções e/ou produtos perduram até os dias atuais, é consenso entre os autores a necessidade da preservação do patrimônio edificado em terra a partir do incentivo de políticas públicas de conscientização popular e financiamento dessas iniciativas junto aos órgãos competentes, além do resgate da cultura local e da técnica de construção com terra como modalidade construtiva mais sustentável e socioeconomicamente acessível.

Algumas dessas regiões são: Lapinha da Serra - MG (Moreira e Rezende, 2018a,b; Braga, 2016), Pedro II - PI (Alexandria e Lopes, 2008), regiões norte e nordeste do estado do Ceará (Carvalho et al., 2010), Barra do Bugres - MT (Carignani e Reis, 2014), no estado da Bahia (Romero et al., 2015), Várzea Grande - MT (Enoré, 2018), Princesa Isabel - PB (Azerêdo et al., 2016), Vitoriano Veloso - MG (Vale e Rezende, 2017), Ibiapina - CE (Alcântara et al., 2018), Icatu - MA (Braga e Nascimento, 2018), região metropolitana de São Paulo - SP (Silva et al., 2018) e São Luís - MA (Figueiredo et al., 2011).

Por outro lado, percebeu-se a inserção do adobe em cenários de, até então, pouca tradição cultural e histórica, como instrumento de inovação tecnológica, a partir de metodologias construtivas, tipologia arquitetônica, modos de produção, concepção dimensional e principalmente quanto a composição, evidenciado pelo maior número de trabalhos com enfoque em adições estabilizantes (Figura 1).

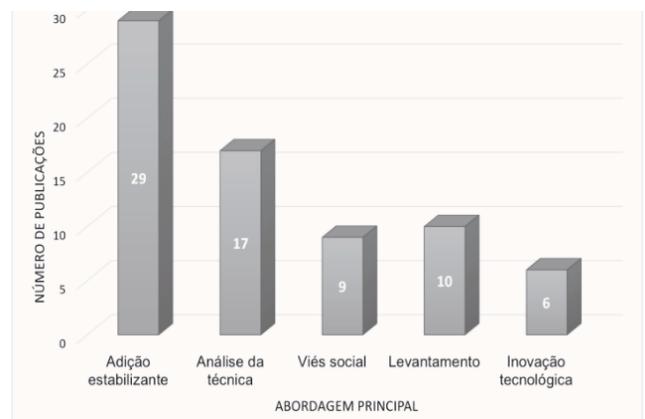


Figura 1 - Número de publicações por categoria de abordagem
Fonte: Autores

Não obstante, o número de trabalhos correlatos ao tema aumentou consideravelmente no ano de 2018 (Figura 2). Vale ressaltar que pode se atribuir a quantidade mais expressiva de trabalhos nos anos pares a partir de 2008 devido à realização do Terra Brasil – Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil - evento organizado pela Rede Terra Brasil, além da contribuição anual do SIACOT – Seminário Ibero-americano de Construção com terra - organizado pela Rede PROTERRA, ambos voltados ao tema da arquitetura e construção com terra.

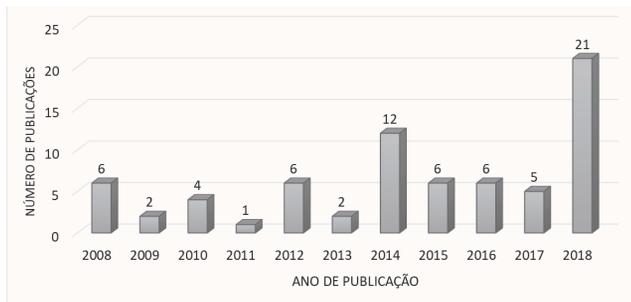


Figura 2 - Número de publicações por ano
Fonte: Autores

De acordo com Dos Santos e Costa (2017), o adobe pode ser encontrado em praticamente todas as regiões do Brasil, porém, são mais frequentes nas áreas rurais da Região Nordeste e Norte do país. No interior de Minas Gerais, os adobes – dentre outras técnicas de construção com terra - fazem parte do cenário de diversas cidades, distritos e vilas.

Quanto as publicações no panorama nacional por estado brasileiro (Figura 3), destacam-se os estados da região Sudeste – Minas Gerais e São Paulo – e a região Nordeste – Ceará e Paraíba.



Figura 3 - Mapa do Brasil quanto ao número de publicações sobre o adobe por estado brasileiro (período 2008-2018).
Fonte: Autores

Nota-se, também, a contribuição efetiva da maioria dos estados brasileiros nessas publicações – 15 estados - o que evidencia uma crescente descentralização dessa abordagem.

Por outro lado, nas regiões Norte e Sul, onde o adobe está presente na arquitetura vernácula e/ou contemporânea, o número de publicações é menos expressivo, o que resulta num vasto campo de pesquisa a ser desenvolvido nessas regiões.

Em regiões onde não foram encontradas publicações recentes, nota-se também a ausência de pesquisadores e ou profissionais filiados à Rede Terra Brasil. Fundada em 2007 (Rezende e Neves, 2012), a Rede Terra Brasil conta com mais de 80 associados dentro e fora do Brasil atua como uma das principais referências no âmbito científico e acadêmico da arquitetura e construção com terra no território nacional, contribuindo ativamente a partir da realização de eventos (congressos e oficinas), publicações técnicas e científicas.

4.1. Adições estabilizantes

As técnicas de construção com terra, como qualquer outro material de construção, podem ser testadas para que seu comportamento e desempenho possam ser caracterizados e melhor compreendidos (Guillaud, 2008). Tal afirmação justifica o protagonismo dos trabalhos com enfoque nas adições estabilizantes na última década, diretamente ligados ao interesse na melhoria das propriedades dos adobes, principalmente quanto a resistência mecânica, estabilidade volumétrica e absorção de água.

A incorporação de adições estabilizantes em adobes, principalmente fibras, é praticamente intrínseca ao próprio surgimento da técnica. Ao realizar a caracterização de adobes arqueológicos com 2000 anos de existência em Nisa Partica, no Turcomenistão, Adorni et al. (2013) identificaram a presença de palha com tamanhos entre 5 a 25 mm. Oliveira (1994) registrou o uso de adobes estabilizados com palha picada e secos ao sol na Babilônia (atual Iraque).

A incorporação de adições naturais representa uma proposta relevante entre os autores por possuírem baixa ou nenhuma toxicidade, fácil extração e baixo impacto associado quanto à obtenção quando comparado, por exemplo, com resíduos industriais, sendo também renováveis, apresentam-se consideravelmente vantajosos. São majoritariamente representadas pelas fibras (coco, carnaúba, braquiária e bambu), excremento bovino e mucilagem de cactos (sumo de palma), conferindo aos adobes, principalmente, maior estabilidade volumétrica, resistência à absorção de água e menor massa específica.

Nota-se também o interesse em propor a destinação e/ou aproveitamento dos mais diversos resíduos, comumente gerados direta ou indiretamente pela indústria,

consumo humano, usinas termelétricas e estações de tratamento de água, incorporando-os aos adobes. A diversificação nas adições propostas pelos autores evidencia a ampla flexibilidade associativa dos adobes, permitindo a incorporação de materiais orgânicos, pozolânicos, cerâmicos, poliméricos, compósitos, metálicos e minerais. Tais adições promoveram o aumento à resistência à compressão, durabilidade, estabilidade volumétrica e redução na absorção de água e na massa específica dos adobes.

4.2. Análise da técnica

Quando associado a soluções arquitetônicas adequadas ao ambiente, a edificação erguida com técnicas de construção com terra pode apresentar um bom desempenho térmico, a depender da espessura das paredes adotadas (Peixoto e Leite, 2018; Faria e Neves, 2013). Não obstante, a análise quanto às propriedades térmicas dos adobes, com base nas normas nacionais de desempenho, apresenta-se como um aspecto de amplo interesse entre os autores nesta classificação.

É bastante comum entre os autores a afirmação de que as paredes de terra proporcionam maior conforto térmico quando comparadas a de outros materiais, porém, geralmente essa vantagem está diretamente ligada a maior espessura adotada nas paredes de terra e não somente pelas propriedades intrínsecas ao material, conferindo-lhe maior inércia térmica (Silva et al., 2018). Verificou-se que o adobe possui elevada capacidade térmica, sendo esse quesito atendido em vedações verticais com pelo menos 11 cm de espessura (Dal Soglio et al., 2018).

Por outro lado, para que atenda a todos os requisitos de desempenho térmico em todas as zonas bioclimáticas brasileiras, recomenda-se a aplicação de revestimentos internos e externos com espessura de 3 cm, para adobes com 15 cm de largura (Peixoto e Leite, 2018).

Quanto à análise granulométrica do solo para produção de adobes em diferentes regiões do país, Corrêa et al. (2012) realizaram a análise de solos coletados no município de Lavras - MG quanto à granulometria e umidade ideal coletados, validando a potencialidade no uso do solo para a fabricação de adobes na região.

Gonçalves (2018) validou, a partir de testes de campo, a utilização de diferentes solos na cidade de Pouso Alegre - MG para a fabricação de adobes sem estabilização. Os estudos realizados por Rezende et al. (2014) e Vale et al. (2014) levantaram uma questão bastante pertinente ao obterem valores resistência a compressão compatíveis com os indicados pelas normas nacionais para tijolos e blocos de vedação em adobes cujo solo utilizado na produção possuíam composições granulométricas

incompatíveis com a literatura. Dessa forma, levantou-se a importância de avaliar também o tipo de argila predominante e não apenas as proporções entre os minerais presentes no solo, como propuseram Vale et al. (2018).

Outros autores realizaram a análise das construções em adobe a partir da perspectiva arquitetônica, avaliando as propriedades físicas e mecânicas dos adobes, características construtivas das residências e anomalias patológicas. Alcântara et al. (2018), Moreira e Rezende (2018 a,b) e Delmonaco et al. (2018) realizaram a análise das construções vernáculas em adobe no município de Ibiapina - CE, Santana do Riacho - MG e Pedro II - PI, respectivamente, onde foram identificadas anomalias patológicas provocadas principalmente pela má execução, negligência e principalmente pelo uso equivocado dos materiais em associação com os adobes, como o cimento, no revestimento de paredes, uma vez que esta união apresenta baixa coesão, provocando desprendimento do reboco da alvenaria (Moreira e Rezende, 2018a), além da falta de manutenção nas edificações, principalmente do casario histórico, o que também remete a um descaso por parte de políticas públicas para a preservação do patrimônio.

4.3. Viés Social

Os trabalhos reunidos nesta classificação apresentaram o enfoque na proposição da utilização dos adobes como instrumento solutivo para demandas sociais, através de Habitações de Interesse Social (HIS), preservação do patrimônio edificado e ou metodologia educacional. Pode-se, então, constatar que as iniciativas propostas pelos autores nessa abordagem previram a sua utilização como instrumento de participação comunitária para a construção de habitações em todos os substratos sociais, tanto pelo resgate da técnica tradicional local como pela sua inserção nestes cenários, a partir de recursos e mão de obra locais, convertendo este processo em benefício para a própria parcela envolvida, utilizando-o como um vetor de encapsulamento de resíduos ou rejeitos, dando-lhes destinação útil e duradoura, permitindo ser o adobe, em alguns casos, uma tecnologia para inclusão social.

Barreto e Ino (2010) aportaram os processos de desenvolvimento de projetos que tratam sobre HIS em assentamentos rurais a partir de variáveis que influenciaram o processo construtivo de três HIS em adobes nesses assentamentos, no estado de São Paulo, assim como Faria (2010) apresentou resultados obtidos com dois projetos de pesquisa da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo a partir de experiências com capacitação para produção de adobes e construção de

HIS na mesma região. Pereira et al. (2014) propuseram um projeto de alvenaria de adobes para HIS no estado da Paraíba. Klein e Bueno (2012) registraram o processo de produção de adobes utilizados na construção de habitações em comunidades quilombolas no estado do Tocantins como método de ensino da matemática. Joaquim e Lopes (2012) realizaram uma análise qualitativa a partir de entrevistas com operários que participaram da fabricação de adobes em canteiros de obras em Piracaia - SP, identificando as dificuldades encontradas, as soluções adotadas e a remuneração.

Pachamama (2018) buscou fomentar a autoconstrução utilizando técnicas de construção com terra - adobe e taipa-de-mão - em comunidades de baixa renda na cidade de Belo Horizonte, MG, por meio da elaboração de um manual com linguagem acessível e boas práticas construtivas. Braga (2016) realizou uma análise dos adobes e sua relação com a construção da paisagem cultural em Santana do Riacho - MG, enaltecendo a importância da preservação deste patrimônio e da permanência da técnica entre os mestres artesãos, perpetuando e incremento sua utilização entre as futuras gerações.

Vale e Rezende (2017) realizaram a análise do uso do adobe no distrito de Vitoriano Veloso - MG, quanto as transformações sofridas pela arquitetura vernácula desde a fundação e os impactos socioculturais associados. Braga e Nascimento (2018) registraram a fundamentação e entendimento do território numa comunidade quilombola no estado do Maranhão, a partir da observação e do entendimento a partir da tradição do adobe e as habitações

construídas com essa técnica na região.

4.4. Levantamento

Os trabalhos apresentados nesta classificação buscaram valorizar principalmente o aspecto histórico do adobe, tanto a partir de revisões bibliográficas sobre sua herança arquitetônica no contexto inserido, como pela sua utilização atualmente, conforme ilustrados na Figura 4.

Alexandria e Lopes (2008) e Santiago et al. (2017) realizaram o levantamento das construções com adobe no estado do Piauí, identificando as técnicas utilizadas e os procedimentos construtivos empregados; com o estudo identificou-se que a tradição de construir com adobe, que caracterizava a paisagem arquitetônica local na transição do século XIX para o século XX, ficou restrita atualmente apenas para a população de menor poder aquisitivo na cidade.

Carvalho et al. (2009) e Carvalho et al. (2010) catalogaram as construções em adobe na região norte e nordeste do estado do Ceará como contribuição para a manutenção do sistema construtivo tradicional e também na busca da reavaliação das possibilidades técnicas à casa típica do semiárido cearense, identificando que a utilização do adobe ainda perdura nos tempos atuais, principalmente nas áreas rurais. No Mato Grosso do Sul, Dotta et al. (2017) realizaram uma pesquisa documental, a partir da visão de mestres adobeiros no Brasil e em Portugal.

Figueiredo et al. (2011) realizaram o levantamento e caracterização das habitações edificadas a partir de técnicas de construção terra, dentre elas com adobe, no século XVII e XIX no centro histórico de São Luís - MA. Carignani e Reis (2014) aportaram um levantamento histórico a partir

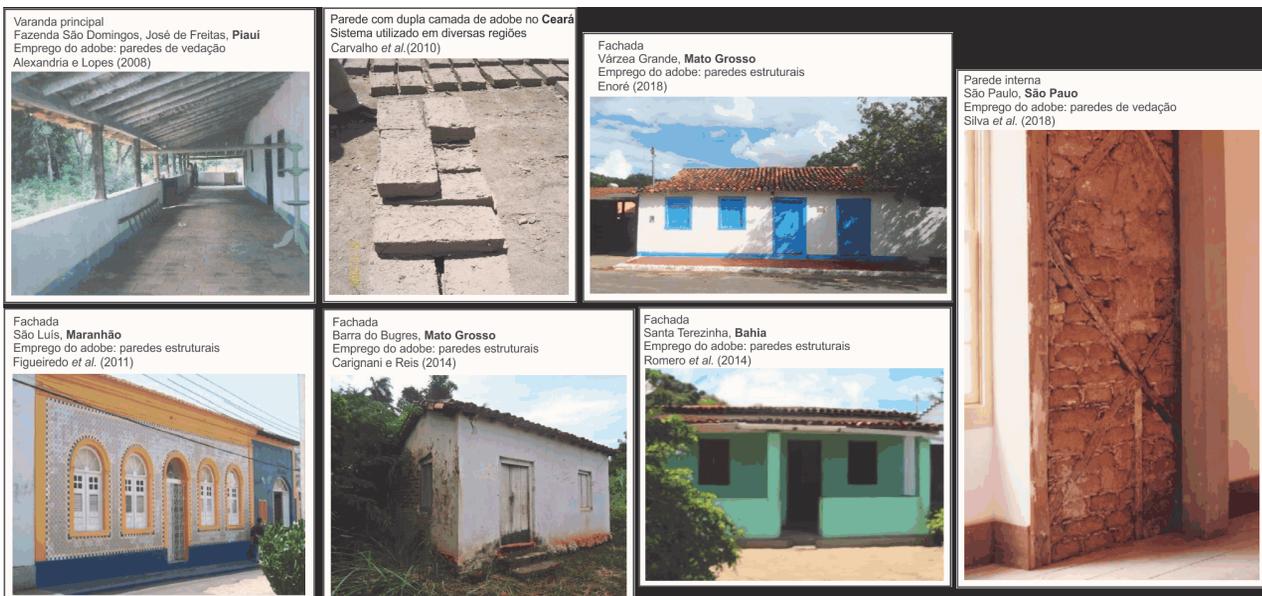


Figura 4 - Levantamento das diferentes tipologias construtivas em adobes no Brasil
Fonte: Autores

da revisão bibliográfica e iconográfica das técnicas de construção tradicionais no município de Barra do Bugres – MT, no intuito de promover a preservação e resgate do adobe na autoconstrução local.

Na Bahia, Romero et al. (2015) realizaram o levantamento das construções com adobes, comparando a técnica utilizada na região com as recomendações da norma peruana – NTE E.080:2000. Enoré (2018) fez o levantamento das residências construídas com adobe no município de Várzea Grande – MT, identificando as plantas baixas das residências, metodologia construtiva, materiais utilizados e aspectos de preservação. Silva et al. (2018) realizaram o levantamento sobre a existência, distribuição e modelos de produção de construções em arquitetura de terra, entre elas os adobes, na região metropolitana de São Paulo – SP.

Tais trabalhos apresentam uma relevância comum pela valorização tanto do patrimônio histórico edificado em adobe como pela sua preservação e manutenção no contexto urbano e rural em regiões do país onde a tradição é responsável tanto pela paisagem arquitetônica – construções históricas - como pela provisão habitacional – construções contemporâneas - erguidas principalmente pelo método de autoconstrução.

4.5. Inovação tecnológica

Nesta categoria, os autores propuseram inovações a partir da investigação da padronização de métodos de ensaio, atributos dimensionais e modelos de produção para os adobes.

Neves e Faria (2008) e Faria et al. (2008) apresentaram o desenvolvimento e a aplicação do procedimento para ensaio de determinação da resistência à compressão de adobes, como etapa do Programa Interlaboratorial PROTERRA, a partir de corpos de prova cúbicos, como método a ser adotado por laboratórios, permitindo aprimorar o conhecimento sobre as características físicas e mecânicas dos adobes.

Joaquim e Lopes (2014) estudaram a adoção preliminar de máquinas para a mecanização parcial da produção de adobes a partir de máquinas utilizadas nos processos de produção do setor da construção civil convencional em âmbito nacional, além de outros setores industriais, propondo a integração desses métodos à fabricação dos adobes. Riva e Ribeiro (2014) propuseram um modelo de adobe vegetado, em formato anelar, como técnica de bio-engenharia de solos para contenção de pequenos taludes.

Pereira e Bezerra (2012) analisaram as variáveis de influência no processo de inovação tecnológica na cidade de Palmas, identificando as possíveis vantagens competitivas da introdução do adobe produzido com macrófitas

aquáticas no setor da construção civil local, a partir das recomendações políticas normativas, estratégicas e operacionais necessárias à tal inserção. Barreto e Ino (2010) apresentaram propostas de interface entre a parede de adobe e a instalação elétrica, a partir de diferentes concepções de formatos e dimensões de adobes adaptados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do processo histórico do adobe desde a sua inserção na paisagem arquitetônica nacional, há pelo menos quatro séculos, até os tempos atuais, apresenta-se como uma ferramenta de contribuição para o entendimento do próprio percurso histórico e cultural do Brasil.

A partir dos diversos cenários a que foi submetido, o adobe revelou duas características básicas intrínsecas: a resistência e a adaptabilidade.

Assim, são apresentadas algumas considerações obtidas:

- O século XXI apresentou-se como um evidente e contínuo cenário de ascensão das técnicas tradicionais no Brasil praticamente um consenso entre os autores que a partir da década de 1970, a abordagem sobre as técnicas de construção com terra tem tido um tratamento cada vez mais amplo dentro da dinâmica da construção civil;

- A utilização do adobe como técnica construtiva alternativa à utilização de técnicas convencionais – com maior energia incorporada no processo de fabricação - apresenta-se de forma relevante para a melhoria em diversos parâmetros de sustentabilidade nestas edificações, principalmente: eficiência energética, conforto térmico e acústico.

- No âmbito acadêmico nacional, o ano de 2018 apresentou-se como um marco na última década, devido a expressiva quantidade de trabalhos com enfoque no adobe, sendo de extrema importância não só de forma quantitativa, mas também qualitativa;

- A realização de eventos como o Terra Brasil e o SIACOT apresentam-se como iniciativas indispensáveis para a continuidade das pesquisas já publicadas e como incentivo para o surgimento de novas publicações sobre o tema.

- Faz-se ainda necessária a disseminação e o estudo da técnica em regiões com pouca expressividade científica, porém com grande potencial exploratório no tema. Assim, a realização de eventos voltados para o tema nessas regiões apresenta-se oportuna e significativa;

- Por fim, revela-se também a necessidade iminente na implantação de políticas públicas para valorização da técnica, inicialmente com a validação da norma em tramitação e posteriormente a partir da utilização da técnica em programas de habitações sociais e obras públicas.

REFERÊNCIAS

- Adorni, E.; Coisson, E.; Ferretti, D. In situ characterization of archaeological adobe bricks. **Construction and Building Materials**, 2013. v. 40, p. 1-9. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.11.004.
- Alcântara, M. A.; Silva, M. L.; Pinheiro, L. T.; Parente, J. M.; Pinheiro, D. T. **Análise de soluções construtivas para arquitetura vernácula em adobe**. 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.
- Alexandria, S. S. S.; Lopes, W. G. R. **A utilização da terra em construções rurais durante a colonização do estado do Piauí**. 7º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción com Tierra; 2º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, São Luiz, Maranhão, Brasil, 2008.
- Azerêdo, A. F. N.; Santos, L. M. A. S.; Azerêdo, G. A.; Assis, S. R. H.; Barbosa, N. P. **Caracterização da argila usada nas olarias próximas ao município de Princesa Isabel-PB para produção de tijolos de adobe**. 1º Encontro Internacional de Educação Profissional, João Pessoa, Paraíba, Brasil, p. 83. 2015.
- Barbosa, N. P.; Ghavami, K. Terra Crua para Edificações. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**, São Paulo, São Paulo, v. 2, p. 1505-1557. 2007.
- Barreto, M. G. C.; Ino, A. 2010. **Clasificación de las variables que influenciaron en el proceso constructivo de 3 viviendas de interés social en adobe. Casos asentamiento rural Sepé Tiarajú y Pirituba II, São Saulo – Brasil**. 10º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción com Tierra, 2010. Salto, Uruguai, 2010.
- Barreto, M. G. C.; Ino, A. **Propuesta de interfase entre: pared de adobe e instalación eléctrica en una vivienda del asentamiento rural Sepé Tiaraju, São Paulo - Brasil**. 10º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción com Tierra, Salto, Uruguai, 2010.
- Barroso, G. **Terra de sol: natureza e costumes do norte**. Rio de Janeiro: Benjamin de Aguiar Editor. 1912.
- Batista, V.; Silva, L. **Adobes confeccionados em Montes Claros – MG com adição de sumo de palma**. 6º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Bauru, São Paulo, Brasil, 2016.
- Berge B. **The ecology of building materials**. 2 ed. Architectural Press, Elsevier Science. 2009.
- Braga, I.; Nascimento, I. **A tradição do adobe em Santa Maria de Guaxenduba: prática de extensão em uma comunidade brasileira**. 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.
- Braga, S. L. A. **O adobe na construção da paisagem cultura em Lapinha da Serra**. 4º Colóquio Iberoamericano: Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, setembro, 2016.
- Carignani, G.; Reis, V. B. G. **Projeto de extensão – Resgate cultura: O adobe como técnica vernacular em Barra do Bugres – MT – um relato de experiência**. 3º SNCS - Seminário Nacional de Construções Sustentáveis, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil, 2014.
- Carvalho, R. M.; Varum, H.; Bertini, A. A. **Expedição Caminhos da Terra – Levantamento final das construções com adobe nas regiões Norte e Nordeste do estado do Ceará**. 3º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Campo Grande, Mato Grosso, Brasil, 2010.
- Carvalho, T. M. P.; Carvalho, L. F. M. **Adobe com palha: tijolos ecológicos no sertão piauiense**. 22º CBECiMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, 2016.
- Corrêa, A. A. R.; Guimarães, B. M. R.; Scatolino, M. V.; Duarte, M. G.; Lopes, T. A.; Mendes, L. M. 2014. Evaluation of Physical Properties of Adobe Chemically Stabilized with Synthetic Termite Saliva. In: **Key Engineering Materials**, vol. 600. p.144-149. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.600.144.
- Corrêa, A. A. R.; Mendes, L. M.; Barbosa, N. P.; Protásio, T. P.; Campos, N. A.; Tonoli, G. H. D. Incorporation of bamboo particles and “synthetic termite saliva” in adobes. **Construction and Building Materials**, Guildford, 2015. v. 98, p. 250-256. doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.06.009.
- Corrêa, A. A. R.; Mendes, L. M.; Tonoli, G. H. D. **Caracterização de solos de Lavras – MG para produção de adobe**. 4º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2012.
- Corrêa, A. A. R.; Protásio, T. P.; Lima, J. T.; Tonoli, G. D.; Mendes, L. M. Mechanical Properties of Adobe Made with Sugar Cane Bagasse and “Synthetic Termite Saliva” Incorporation. **Key Engineering Materials**, Vol. 634, 2015. p. 351-356. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.634.351.

Corrêa, A. A. R.; Protásio, T. P.; Scatolino, R. M. L.; Mendes, L. M. **Propriedades mecânicas do adobe com incorporação de partículas de Bambusa vulgaris vittata**. 5º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – TerraBrasil, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2014.

Corrêa, A. A. R.; Souza, R. M.; Grillo, M. P.; Silva, D. W.; Protásio, T. P.; Mendes, L. M. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe com incorporação de “Baba de cupim sintética**. 13º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra, Valparaíso, Chile, 2013.

Correia, M. Universalidade e diversidade da arquitetura de terra. **Terra: Forma de Construir**. Arquitetura, Antropologia, Arqueologia, p. 12-19. 2006.

Costa, H. N.; Pinheiro, L. T.; Menezes, F. C. M.; Cabral, A. E. B. **Avaliação de tijolos de adobe com adição de cinzas e fibras do coco**. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, Alagoas, Brasil, p. 3033-3042, Novembro de 2014.

Couto, C. R.; Segantini, A. A. S.; Ferreira, A. A. E. Estudo de adobes produzidos com montículo de cupim. **Revista Ciência em Extensão**, São Paulo - SP, p. 120 - 120, 01 de dezembro de 2009.

Da Costa, A. M. T. A. **Integrated Conservation Strategy of Built Heritage**. Tese de Doutorado. Universidade de Aveiro, Portugal. 2015.

Dal Soglio, C. R.; Meller, B. J.; Olinger, M. S.; Güths, S.; Marinovski, D. L.; Mizgier, M. O. **Avaliação das propriedades térmicas de tijolos de terra crua (adobes)**. XVII ENTAC – Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, p. 1124-1130, 2018.

Delmonaco, R. A. M.; Lopes, W. G. R.; Matos, K. C. **Valorização do patrimônio construído com terra: análise de edificação de adobe em Pedro II, Piauí**. 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

Dethier, J. **A back-to-earth approach to housing**. Unesco, Courier. 1985. p. 31-33.

Dipasquale, L.; Correia, M.; Mecca, S.; Mileto, C.; Morot-Sir, P.; Vegas, F.; Akermann, K.; Andersson, J.; Bavay, G.; Bei, G.; Benža, M.; Berescu, C.; Bertašiu-tė, R.; Blu-ıms, P.; Braxén-Frommer, A.; Bronchart, S.; Buch, P.; Buzás, M.; Castro, A.; Guérin, R. **Terra Europae Earthen: Architecture in the European Union**. Pisa: Edizioni ETS. 2011.

Dos Santos, S. C.; Costa, S. K. Arquitetura vernacular ou

popular brasileira: conceitos, aspectos construtivos e identidade cultural local. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 24, n. 35, 2017. p. 218-259.

Dotta, N.; Guerra, L. C. R.; Latosinski, K.; Yuba, A. N. **Registros de técnicas em terra: visão dos mestres taapeiros e adobeiros**. 5º Seminário Ibero-americano Arquitetura e Documentação, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2017.

Enoré, P. T. S. **Remanescência de residências históricas em Várzea Grande, Mato Grosso**. 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

Faria, O. B. **Experiências com capacitação para produção de adobes e construção de habitações de interesse social no estado de São Paulo - Brasil**. 10º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra, 2010, Salto, Uruguai, 2010.

Faria, O. B.; Neves, C. **Avaliação teórica de desempenho térmico de paredes de adobes, bloco de concreto e bloco cerâmico**. 13º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra, Valparaíso, Chile, 2013.

Faria, O. B.; Oliveira, B. M.; Tahira, M.; Battistelle, R. A. G. **Realização dos Ensaio Interlaboratoriais PROTERRA em Bauru-SP, Brasil**. 7º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra; 2º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, São Luiz, Maranhão, Brasil, 2008

Faria, O. B.; Pinto, E. S.; Neves, C. **Avaliação de desempenho térmico de paredes de adobe, blocos de concreto e blocos cerâmicos de acordo com a norma ABNT NBR 15220:2005**. 5º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasi, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2014.

Félix, A. S.; Ferreira, P. R. L.; Barbosa, N. P.; Ghavami, K. **Estabilização alcalina em adobes**. Tierra, sociedad, comunidad: 15º SIACOT – Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Universidad de Cuenca, Cuenca, Equador. 2015. p. 92-102.

Félix, A. S.; Santiago, B. L.; Ribeiro Neto, R. G.; Medeiros, B. L. A. V.; Barbosa, N. P.; Ghavami, K. **Efeito da percentagem de finos no desempenho de adobes com ativação alcalina**. 16º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra, Asunción, Paraguay, 2016b.

Félix, A. S.; Santiago, B. L.; Ribeiro Neto, R. G.; Medeiros, B. L. A. V.; Barbosa, N. P.; Ghavami, K. **Estabilização alcalina de solos cauliniticos para fabricação de**

adobes. 16º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra, Asunción, Paraguay, 2016c.

Félix, F. R. R.; Neves, A. A. F.; Cabral, A. E. B. **Avaliação de tijolos de adobe com adição de resíduos da construção civil: alvenaria e porcelanato.** Encontros Universitários da UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil. Anais...v. 1, n. 1, p. 2016a.

Ferreira, S. R.; Oliveira, S. S.; Silva, A. C. **Avaliação das características físico-mecânicas de adobe reforçado com fibras vegetais de coco verde.** 4º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2012.

Figueiredo, M. G.; Varum, H.; Costa, A. Caracterização das técnicas construtivas em terra edificadas no século XVIII e XIX no centro histórico de São Luís (MA, Brasil). **Revista Arquitetura**, Vol. 7, nº 1, p. 81-93, jan./jun, 2011.

Gandia, R. M.; Corrêa, A. A. R. C.; Gomes, F. C.; Costa, I. A.; Kawano, Y. H. **Efeito da adição de resíduo de polímero reforçado com fibra de vidro no adobe quanto a densidade aparente.** 15º Congresso Nacional de Meio Ambiente, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil, 2018c.

Gandia, R. M.; Corrêa, A. A. R. C.; Gomes, F. C.; Costa, I. A.; Kawano, Y. H. **Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água no adobe quanto as propriedades físicas.** 15º Congresso Nacional de Meio Ambiente, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil, 2018d.

Gandia, R. M.; Corrêa, A. A. R. C.; Gomes, F. C.; Machado, L. F.; Guffey, S. V. G. **Efeito da adição de “Baba de cupim sintética” no adobe quanto a densidade aparente.** 15º Congresso Nacional de Meio Ambiente, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil, 2018b.

Gandia, R. M.; Corrêa, A. A. R.; Gomes, F. C. **Resistência à compressão de adobes com incorporação de lodo de estação de tratamento de água.** 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018a.

Ghavami, K.; Filh, R. D.T.; Barbosa, N. P. Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. **Cement and Concrete Composites**. v.21, 1999. p. 39-49. doi:10.1016/S0958-9465(98)00033-X.

Gonçalves, C. P. **Avaliação do solo da cidade de Pouso Alegre – MG para produção de tijolos de adobe.** n15º Congresso Nacional de Meio Ambiente, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil. 2018.

Guillaud, Hubert. Characterization of earthen materials. In: **Terra Literature Review**, edited by Erica

Avrami, Hubert Guillaud and Mary Hardy, The Getty Conservation Institute. 2012. p. 21-31.

Joaquim, B. S. **Earth and Labor: the position of workers in the Earthen Architecture Construction sites.** Dissertação de mestrado. Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil, 2015.

Joaquim, B. S.; Lopes, J. M. A. **Produção de adobes: visão de trabalhadores envolvidos em duas situações de obra em Piracaia/SP.** 4º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2012.

Joaquim, B. S.; Lopes, J. M. A. Preliminary Evaluation of the Adoption of Machines for the Partial Mechanization of Adobe Production. In: **Key Engineering Materials**, vol. 600, p. 196-207, 2014. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.600.196

Klein, J. A.; Bueno, R. R. **Atividades matemáticas a partir dos saberes e fazeres na produção do Adobe na comunidade quilombola Lagoa da Pedra – Arraias/TO.** IV Congresso Brasileiro de Etnomatemática, Belém, Pará, 2012 [CD-ROM].

Lemos, C. A. C. **Alvenaria burguesa: Breve história da arquitetura residencial de tijolos em São Paulo a partir do ciclo econômico liderado pelo café.** São Paulo: Nobel, 1989.

Marques, T. R.; Pinto, I. C. M. S.; Santos, R. J. **Análise comparativa de viabilidade econômica entre habitação de interesse social construída com adobe e com blocos de tijolos cerâmicos.** Encontro Internacional de Jovens Investigadores, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2017.

Mazoyer, M.; Roudart, L. **História das agriculturas no mundo. Do Neolítico à crise contemporânea.** São Paulo: Editora UNESP, 2008.

McHenry, P. G. **Adobe and rammed earth buildings: design and construction.** University of Arizona Press, 1989.

Moquin, M. Ancient solutions for future sustainability: Building with adobe, rammed earth, and mud. **Earth building and cob revival: A reader**, 3, 1996. p. 7-12.

Moreira, M. M. K.; Rezende, M. A. P. **Anomalias patológicas na alvenaria de adobe: descontinuidade da tradição na Lapinha da Serra, MG.** 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018a.

Moreira, M. M. K.; Rezende, M. A. P. **Arquitetura vernácula na Lapinha da Serra, Brasil: motivos**

e perspectivas de sua preservação. 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018b.

Neves, C. M. M. **Desempenho de paredes: procedimento adotado para paredes monolíticas de solo-cimento.** 1º Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes da Construção Civil, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. P.158-64, 1988.

Neves, C.; Faria, O. B. **Programa Interlaboratorial PROTERRA: Ensaios de adobes.** 7º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra; 2º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, São Luiz, Maranhão, Brasil, 2008.

Nito, M. K. D. S.; Amorim, A. Sistemas construtivos em terra crua: panorama da América Latina nos últimos 30 anos e suas referências técnicas históricas. **Revista Cadernos de Pesquisa da Escola da Cidade**, São Paulo: Editora da Cidade, p. 11-18, 2015.

Nogueira, F. R.; Farias, M. R.; Pinheiro, A. A. N. **Técnica adobe e adição de fibra de coco como alternativa de construção sustentável.** VIII Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnologia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

Orui, S. **Adequação das vedações em terra à norma brasileira de desempenho técnico.** 5º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2014.

Oshiro, F. **Construcción de vivienda económica en adobe estabilizado.** Predes. Perú, 1990.

Pachamama, R. A. V. C. N. **Guia para autoconstrução em bambu e terra: adobe e taipa de mão.** 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

Pacheco-Torgal F, Jalali S. Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction. **Construction and Building Materials.** v.29, 512–9, 2011. doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054.

Parisi, R. S. B; Fricke, G. T.; Faria, O. B.; Coelho, A. C. V.; Castañeda, G. N. **Experiências do Projeto Crescer, resultados e primeiras análises.** 7º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra; 2º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, São Luiz, Maranhão, Brasil, 2008.

Peixoto, M. V. S.; Leite, P. R. **Arquitetura de terra: Emprego atual e desempenho térmico.** 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de

Janeiro, Brasil, 2018.

Pereira, D. A. M.; Pereira, M. S.; Oliveira, R. S. S.; Melo, A. B.; Cavalcante, A. L. Projeto de uma bioalvenaria de vedação a partir de terra crua: o caso do tijolo de adobe. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 3, n. 3, p. 64-75, 2014.

Pereira, N. C.; Bezerra, M. C. L. Technological opportunities for adobe bricks produced with aquatic macrophytes for Palmas [Tocantins], Brazil. **Labor e Engenharia**, Campinas, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 41-51, setembro de 2012.

Rael, R. **Earth architecture.** Princeton architectural press, 2009.

Rangel, B.; Teixeira, L.; Varum, H. S. A.; Silva, A. C. **Construção em terra crua contemporânea: mapeamento dos escritórios e construtoras no Brasil e em Portugal.** II Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construções Sustentáveis, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2016.

Reis Filho, N. G. **Quadro da Arquitetura no Brasil.** São Paulo: Perspectiva, 1987.

Revuelta-Acosta, J. D., Garcia-Diaz, A., Soto-Zarazua, G. M.; Rico-Garcia, E. Adobe as a sustainable material: A thermal performance. **Journal of Applied Sciences**, 10(19), 2211-2216, 2010. doi: 10.3923/jas.2010.2211.2216

Rezende, M. A. P.; Mendonça, A. A.; Vale, J. L. R. V. **Considerações sobre a influência do tipo de argila sobre as propriedades da terra como material de construção.** 5º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2014.

Rezende, M. A. P.; Neves, C. **Terra Brasil: Uma rede? De que tipo? Como melhorá-la?** 4º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2012.

Riva, N. G.; Ribeiro, A. I. **Bioengenharia de solos utilizando tijolos de adobe vegetados visando a estabilização de pequenos taludes.** 5º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – TerraBrasil, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2014.

Romero, M. C.; César, S. F.; Cunha, R. D. A. Recommendations for the Construction with Adobe Brick Based on Norm NTE E.080:2000 from Peru and the Technique Currently Used in the State of Bahia – Brazil. **Key Engineering Materials**, Vol. 634, p. 329-338, 2015. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.634.329.

Salgado, F. A. **Análise Macro-mecânica do Comportamento da Terra como Revestimento Externo, com ou sem Reforço de Fibras Vegetais.** Mestrado (Dissertação). Pontifícia Universidade

- Católica - Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2010.
- Santiago, D. R.; Figueirêdo, C. S.; Melo, A. C. C.; Moreira, A. C. **A técnica do adobe no cenário do século XIX em Teresina, Piauí: Documentação histórica e relevância na construção civil.** 5º Seminário Ibero-americano Arquitetura e Documentação, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2017.
- Santos, D. P.; Sousa, J. G. G. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de adobes com incorporação de adições naturais.** 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2018.
- Santos, L. M.; Prado, A. A. **Análise do desempenho termoacústico de tijolos de adobe com adição de poliestireno expandido.** XVII ENTAC – Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, p. 1124-1130, 2018.
- Santos, R. E. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2008.
- Silva, B. C.; Amorim, R.; Cavicchioli, A. **Atlas da arquitetura com terra na região metropolitana de São Paulo.** 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.
- Silva, D. N. A. C. **A viabilidade técnica e econômica do uso do bambu: a utilização do “Bambusa vulgaris” como entramado nas construções em taipá.** Dissertação. Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil, 2011.
- Silva, F.; Barros, B. **Utilização de fibras de celulose na composição de tijolos de adobe.** XV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, Alagoas, Brasil, p. 2452-2461, novembro de 2014.
- Silva, L. H. V.; Bittencourt, D. V.; Martins, G. O.; Martins, K. K. M.; Oliveira, M. A.; Kloth, M.; Antiquiera, L. M. O. R.; Dias, J. Bioconstrução: Estudo de caso no sul do Brasil. **Revista Espacios**, Vol. 38 (Nº02), p. 13-22, 2017b.
- Silva, M. L.; Alcântara, M. A.; Pinheiro, L. T.; Carvalho, B. R.; Silva, A. C. **Análise de desempenho higrotérmico de uma edificação de adobe, Ceará, Brasil.** 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.
- Silva, M. V.; Lopes, J.; Silva Júnior, D.; Azerêdo, A. **Confecção de tijolos de adobe utilizando resíduo de caulim.** II CONAPESC – Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2017a.
- Soares, R. N.; Silva, A. C.; Pinheiro, J. C. **Tijolos de terra crua estabilizados com fibras de coco verde: alternativa para habitação de interesse social.** XLVI Congresso de Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco, Acre, Brasil, 2008.
- Teixeira, F. M.; Reis, A. H. S.; Figueiredo, M. F.; Teixeira, F. M. **O uso de resíduos lignocelulósicos na produção de tijolos de adobe.** 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Anais... Bento Gonçalves, RS – Brasil, 2012.
- Val, R. **A fisiologia do amor: pequenos ensaios sobre grandes momentos do cristianismo à luz da Verdade.** São Paulo: Reinaldo do Val, 2003.
- Vale, J. L. R.; Flores, D. F.; Rezende, M. A. P. 2014. **Estudo da caracterização física e mecânica dos adobes produzidos em Vitoriano Veloso (Bichinho) – Minas Gerais.** 5º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2014.
- Vale, J. L. R.; Rezende, M. A. P. 2017. **Arquitetura vernácula – uma análise do uso do adobe no distrito de Vitoriano Veloso (Bichinho), Minas Gerais, Brasil.** XIV CIATTI – Congresso Internacional de Arquitectura de Tierra. Tradición e Innovación, Ciudad do Mexico, Mexico, 2017.
- Vale, J. L. R.; Rezende, M. A. R.; Alves, C. P.; Silva, H. F. C.; Zarista, M. G. **Ensaio de azul de metileno como ferramenta complementar no processo de caracterização de solo para fabricação de adobe.** 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.
- Veiga, L. F. M.; Lana, S. L. B.; Mohallem, N. D. S. **Caracterização de adobe estabilizado com amido de mandioca.** 7º SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra; 2º Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, São Luiz, Maranhão, Brasil, 2008.
- Vendrami, J. M.; Librelotto, L. I.; Soglio C. R. **Análise de resistência à compressão de alvenaria de adobe.** 7º Congresso Brasileiro de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil – Terra Brasil. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5039-4509>

DANIEL PINHEIRO SANTOS | Universidade Federal de Minas Gerais | Escola de Arquitetura | Belo Horizonte, MG - Brasil | Correspondência para: Av. Amazonas, 699, apto 802, Centro, CEP 30180-001 | E-mail: danielpinheiro860@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1883-1251>

SOFIA ARAUJO LIMA BESSA, Dra. | Universidade Federal de Minas Gerais | Escola de Arquitetura | Belo Horizonte, MG - Brasil | Correspondência para: Rua Paraíba, 697, Sala 319, Savassi, CEP 30130-141 | E-mail: sofiabessa@ufmg.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SANTOS, Daniel Pinheiro; BESSA, Sofia Araújo Lima. O Uso do Adobe no Brasil: Uma Revisão da Literatura. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 53-66, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.53-66>.

DATA DE ENVIO: 30/09/2019

DATA DE ACEITE: 18/12/2019

CDW QUANTIFICATION IN THE SEVERAL STAGES OF LIFE OF A BUILDING: IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF THE MAIN METHODS

RODRIGO KANNO | UFRGS

RÉGIS PEREIRA WASKOW, Dr. | UFRGS

REJANE MARIA CANDIOTA TUBINO, PhD. | UFRGS

ABSTRACT

Construction and demolition waste (CDW) represent, in mass, the largest fraction of the waste generated in many Brazilian cities. Quantifying this type of waste is an expensive task that still has to overcome some obstacles. Lack of management and irregular disposal are some of the main limiting factors. Thus, this work aims to identify CDW quantification methods as a basis for further studies of adaptation and/or development of specific methods for the quantification of the Brazilian CDW in the different life stages of a building. Publications were identified in scientific journals and events from the set of keywords: "estimate generation", "quantification method", "construction and demolition waste", "construction waste" e "demolition waste". The articles were classified in general criteria, type of residue evaluated, scale and public interest. At the end, 22 articles presenting methods of quantification of construction and demolition residues were identified. Methods for quantification of construction waste (CW) and CDW predominate among those identified, representing 41% each. Half of the studies adopt design data and 41% use regional data. Some of the methods identified cover both the interest of the builders and the public agencies, reaching 50%, however only 18% are specific of interest to the public management agencies. Related to the Brazilian CDW, only 2 publications were identified. Therefore, it is possible to verify that there is a gap in the development of Brazilian CDW quantification methods in the various phases, which could help construction companies and public agencies to improve the management of this type of waste.

KEY WORDS: CDW; Quantification methods; National Policy on Solid Waste.



1. INTRODUCTION

Construction and demolition waste (CDW) are generated in high volumes around the world. Estimating the quantities and composition characteristics of these wastes have been one of the challenges in the CDW management. Private and public construction works, beyond CDW generated by the population, are the sources of generation in Brazil, and in most countries around the world. Private and public civil works are responsible for all stages of waste management (segregation, storage and final destination) and CDW generated by the population are managed for the municipalities.

There are few CDW database in Brazil, restricted to surveys such as those conducted by the Brazilian Association of Public Cleaning and Special Waste Companies (ABRELPE, 2017) and the National Information System on Water, Sanitation and Solid Waste (SNIS), this one corresponds to a national information database fed by Brazilian recycling/waste disposal plants, however known to be incomplete.

45 million tons of CDW were collected, in Brazil, by the municipalities (ABRELPE, 2017) in the 2016, allowing to infer a minimum average generation of 123,421 tons of CDW/day and 0.6 kg/person/day. These data, however, consider only the CDW collected by the municipalities, that is, generated by local population.

In Brazil, there are disposal places, called Voluntary Delivery Points, that receive waste generated by the population in quantities below 1 m³. It is necessary, however, to consider the occurrence of known irregular disposals, called "Vicious Point of Disposal" (OLIVEIRA et al., 2011; MMA, 2012), some points are informally mapped by the municipalities that collect the arranged materials, others however are dynamic or inaccessible.

CDW from private or public civil works needs to be managed by it is companies, which in Brazil in 2017 were over 126,000 (IBGE, 2017). Quantitative database of this CDW are scarce, being limited the declaration of these values to the local environmental agencies that do not always have online systems of treatment of these data.

The CDW composition characteristics are related to the type of work (building, highway, excavation), generation stage (construction, demolition or renovation), construction method (precast building system, engineered masonry, pillar and beam construction, steel/wood frame), building age, waste management practices (source segregation or not) (Esa et al., 2017; Gálvez-Martos et al., 2018) and others.

Waskow et al. (2019) perform statistical treatments to consolidate Brazilian CDW composition (Figure 1). These authors suggest a Brazilian average CDW composition

composed basically of mortar (39%), concrete (14%) and ceramic (47%). However, according to the characteristics of the construction and/or building source of waste, as described in the previous paragraph, it is still possible to find divergent CDW compositions within a Brazilian state, such as Scoot Hood (2006) and Bernardes et al. (2008), or municipality, such as Oliveira et al. (2011) and Lima & Cabral (2013).

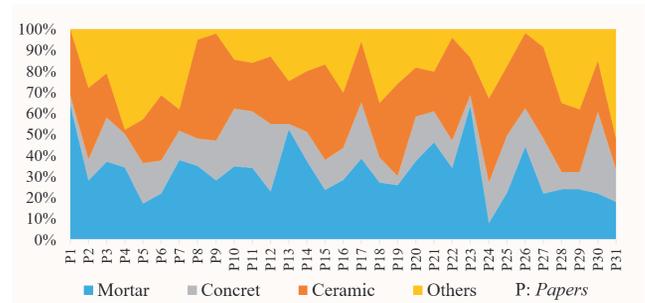


Figure 1 – Brazilian CDW Composition
Source: adapted from Waskow et al. (2019).

Thus, it is necessary to know which CDW estimation methods are available in the scientific literature, whether there are proposed methods for Brazil, whether these methods are replicable in the Brazil regions or identify necessary adaptations. Thus, this paper aims to conduct a systematic survey of CDW generation estimation methods in the world and in Brazil, discuss them, identify potential input data sources for the identified models, evaluate their applicability and propose adaptations for the Brazilian case.

2. METHODOLOGY

To achieve the objective of this paper was necessary identify quantification methods of the residue's generation adopting as way of identifying scientific papers the scientific portal Science Direct and internet search. The procedure for selecting articles of interest followed criteria, described below:

- Search in the abstract of articles by set of keywords: "estimate generation", "quantification method", "construction and demolition waste", "construction waste" and "demolition waste";
- Selection of articles published in journals, congresses, symposia, events among others of which were the target of evaluation;
- Discard of articles that presented only the characterization of the CDW or the determination of the generation rate;
- Identification of the main characteristics of the developed method;
- Classification of articles that meet the characteristics and objective of the work.

The classification of the selected articles followed criteria, such as: general data, type of residue evaluated, scale and public of interest. The criteria adopted in the mapping stage of the articles included in this study are presented in Table 1.

Criteria	Scope
General data	Author, year, country target of study.
Type of waste	- Construction waste; - Demolition waste; - Construction and demolition waste (CDW).
Scale	- Project; - Regional.
Target audience	- Construction company; - Government or state agency.

Table 1 – Articles classification criteria
Source: Authors.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The highest fraction of the identified studies adopts as a quantification method the constructed/demolished area multiplied by an average generation rate per area, corresponding to 59%. However, some of the authors complement this method with the insertion of other variables, such as Saez et al. (2014), which consider the life span of the building, in addition to density population, density of buildings by area, coverage of built and green area (BERNARDO et al., 2016; ZHENG et al., 2017).

The relationship between the amount of material acquired and the average generation rate is considered by 23% of the authors (NAGALLI, 2012; JINGKUANG et al., 2012; LI et al., 2016; LLATAS & OSMANI, 2016; GHOSH et al., 2016).

The other methods adopted are based on the generation rate multiplied by the population (RHYNER & GREEN, 1988), multiple equations for several phases of building (COCHRAN et al., 2007), lifetime of the applied material and its exchange (COCHRAN & TOWNSEND (2010)) and Grey Model (GM) in conjunction with a Support Regression Vector (SONG et al., 2017).

More details about the methods adopted by the identified studies in the research are presented in final.

The first research results reveal the studies growth of construction and demolition waste (CDW) quantification methods from 2015 (Figure 2). The results obtained also suggest that the United States were the pioneers in the search for quantification methods, being responsible for 4 of the first 5 studies identified.

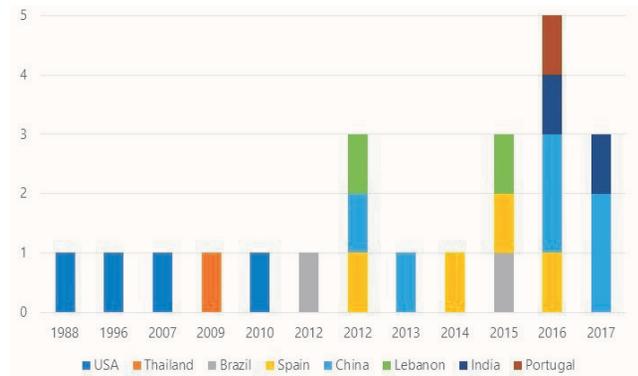


Figure 2 - Available papers by year and country.
Source: Authors.

Initial results suggest that the first studies of quantification methods development aimed to quantify construction and demolition residues, that is, the generated residues in building construction and its demolition (Figure 3). Construction phase residues (construction waste, CW) were the target of subsequent studies, in chronological order, however both CDW and CW represent 41% of all identified studies.

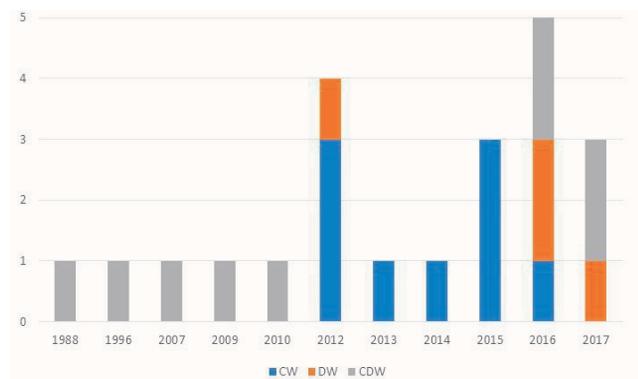


Figure 3 - Number of papers per year by waste evaluated type.
Source: Authors.

Project scale studies predominate among those identified, representing 50%. The quantification methods on a regional scale represents 41%, followed by methods that meet both scales (9%). Corroborating these data, the evaluation of the target audience of the study shows that construction companies may be the largest beneficiaries of most identified studies (82%), including the methods where both target audiences are met. Figure 4 presents more details about the results obtained.

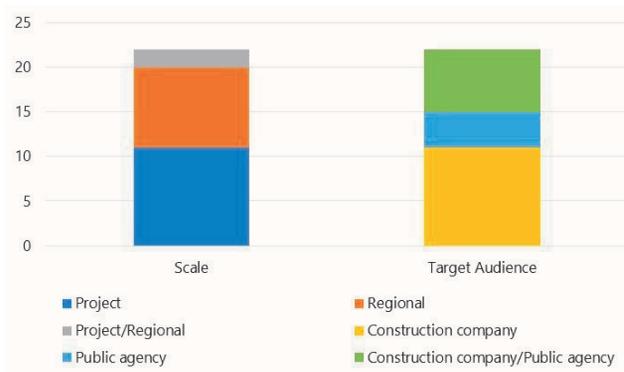


Figure 4 - Papers by scale and target audience of waste quantification equations.
Source: Authors.

Although the United States was the pioneers in the quantification methods development, China was the target of largest studies identified (Figure 5). While China presents studies aimed at CW, DW and CDW, the United States and Spain, which have the same number of studies (4), only focused on CDW and DW, respectively.

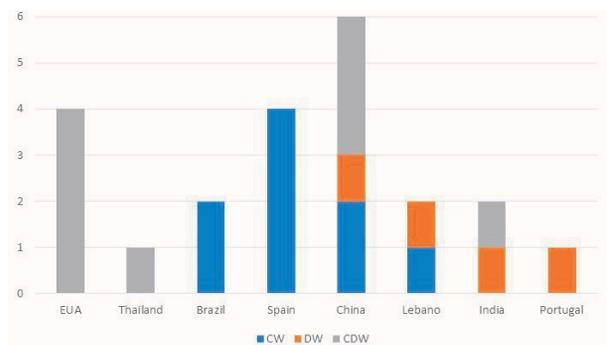


Figure 5 - Papers by country classified by waste evaluated type.
Source: Authors.

Brazil, Lebanon and India are other studied countries that have more than one study. Studies focused on Brazilian waste focused only on construction waste, however those developed in Lebanon and India focused on CW/DW and DW/CDW, respectively.

Table 2 summarizes the main information from the works that suggest CDW quantification methods. The information is classified into the following categories:

Author	Country	Origin	Equation Scale	Input Data Source	Period	Method Description
Rhyner & Green (1988)	USA	CDW	State	- Wisconsin Department of Natural Resources.	Early 1970s	Aimed at the CDW, the method is based on the multiplication between the generation rate estimated by different authors and the total population of the region.
Yost & Halstead (1996)	USA	CW	National	- U.S. Census Bureau.	Not Specified	Method focused on estimating generation from the relationship between the average generation of one of the wastes that makes up the CDW per square meter of built area and the average cost per built area of buildings in the region (of the same type or an average of the total).

Author: Description of the authors and publication year, according to scientific citation.

Country: Description of the country where the study is applied or where the CDW quantification method is developed.

Origin: Describes the origin of the waste considered in the study and method of quantification, which can be the stages of construction, renovation and demolition individually or independently.

Equation Scale: Describes the scale of application of the proposed quantification method. The work (construction, demolition or renovation) classifications as municipal, state, national are adopted.

Input data source: Describes the source of information that feeds the CDW quantification methodologies proposed by the authors.

Period: Describes the applied period and/or the expected for proposed applicability CDW quantification methodology.

Method Description: Describes information that complementary previous classifications and supported the analysis of methods applicability to Brazilian scenario. Likewise, the information in this topic helps identify useful information the discussions about methods to be used in Brazil.

As can be seen, some authors converge on their quantification methods. Rhyner & Green (1988) and Yost & Halstead (1996) adopt the average generation rate or estimated population quantity.

Other authors adopted data on measures of expansion and/or built/demolished area, such as Cochran et al. (2007), Saez et al. (2012), Bernardo et al. (2016), Zheng et al. (2017) and Ram & Kalidindi. Cochran & Townsend (2010), Saez et al. (2014) and Saez et al. (2015) went further in forecasting waste demolition, considering, in addition to demolition data, the expected generation according to local buildings to compose forecasts waste generation.

Kofoworola & Gheewala (2009), Jingkuang et al. (2012), Li et al. (2013) and Ghosh et al. (2016) estimate the generation of waste by the building materials consumption and their previously defined generation rates.

Cochran et al. (2007)	USA	CDW	State	- Florida Department of Environmental Protection (FDEP).	1999-2000	Aimed at CDW, the study presents equations of divided waste quantification estimation into construction, demolition and renovations, the latter divided into expansion, changes and roof changes.
Kofoworola & Gheewala (2009)	Thailand	CW	National	- National Statistics Organization of Thailand.	2002-2005	Aimed at construction waste, supporting the subsequent evaluation of the amount energy saved by recycling the CDW, the work considers in calculation of generation construction area multiplied by the average generation rate and the percentage of material type that is evaluating itself.
Cochran & Townsend (2010)	USA	CDW		- Portland Cement Association; - US Geological Survey; - USDA Forest Service; - US Geological Service; - Brick Industry Association.	2002	Considers in the calculation of generation of the demolition CDW (already encompassing the construction residue and renovations) the life of the material, where for example, a construction material applied in 2010 and which has an estimated shelf life of 10 years will be generated in 2020.
Nagalli (2012)	Brazil	CW	National	- On-Site Data Collection.	2009-2012	Aimed at construction waste, the author uses process factors, execution schedule and experience and management of the team associated with the amount of materials purchased and loss rate, estimated, by material type.
Saez et al. (2012)	Spain	CW	Municipal	- II National Plan of C&D waste; - Interviews; - On-Site Data Collection.	2008-2015	Aimed at construction waste, the developed method by the authors adopts as input criteria of the equation quantification data of volume ratio of waste generated by built wall area multiplied by the building area (to be) built.
Jingkuang et al. (2012)	China	CW	National	- On-Site Data Collection.	Not Specified	Aimed at construction residues, the authors developed quantification equation considering consumption criteria and estimated coefficients of conversion into residue by material type. Packaging residues of building materials are also considered and equations allow them to be quantified individually.
Tamraz et al. (2012)	Lebanon	DW	State	- Interviews; - On-Site Data Collection.	2009-2010	Aimed at demolition residues the method developed by the authors starts from other authors equations and adopt criteria such as number of buildings being demolished, an average constructed area of a demolished buildings sample, residue volumes by area and residue cementitious cluster density.
Li et al. (2013)	China	CW	State	- On-Site Data Collection.	2009	Focused on construction waste. The method is based on the values of: Quantity of materials (by type) for the construction of the work; Residue generation rate (by material type); and Total building area.
Saez et al. (2014)	Spain		Municipal	- On-Site Data Collection.	Not Specified	Aimed at the construction waste. Evaluating and simulate the CW generation in new condominiums constructions in Spain. The development of the method is based on the CDW generated amount, an area covered by the constructions and the expected duration/time of the work. Thus, the authors obtained final result of generating CDW according to the duration of a work with those characteristics.
Kern et al. (2015)	Brazil	CW	Municipal	- On-Site Data Collection.	2008-2013	Aiming at quantifying construction waste, the method considered the amount of waste generated in the construction of 20 buildings in Brazil. At the end uses the variables the number of apartments per floor, apartment area, area per floor, construction system and waste reuse.
Bakshan et al. (2015)	Lebanon	CW	Municipal	- On-Site Data Collection.	Not Specified	Aiming at construction waste, it estimates the amount of generated waste by material type in kilograms per square meter from data from other authors.

Saez et al. (2015)	Spain	CW	Municipal/ State/ National	- Spanish Government; - National Institute of Statistics.	Not Specified	Aiming the construction waste, the method was based on condominiums built in Spain. The input parameters were the number of residential units per condominium, the area of each unit and the quantified waste generation per unit and per area. Thus, the authors established factors for calculation of mass generation and volume.
Lu et al. (2016)	China	CW		- Chinese Statistics Yearbooks; - China Statistical Yearbook on Construction.	Estimated for 2014	Aiming at the CDW, the authors adjusted the equation cited by other authors based on individual building area, renovation and demolition criteria, and the waste generation rates for each of these steps.
Li et al. (2016)	China	CDW	National	- Uniformat II classifying building specifications, cost estimating, and cost analysis in the U.S. and Canada.	Not Specified	Aiming at demolition residues, the estimate was based on a mathematical modeling and has as a return which residues of the work are the most significant, quantitatively. This method considers the CDW composition, including the corresponding fraction of other types of waste, such as packaging.
Llatas & Osmani (2016)	Spain	CW	National	- On-Site Data Collection.	2009-2012	The modeling carried out aims to evaluate the effectiveness of design actions and the minimization of waste generation in the construction of the building. Data such as the waste expected and generated are related.
Ghosh et al. (2016)	India	CW	Municipal	- European Waste Catalogue; - National Methodology.	2015	Aiming at the CDW, the authors objective was developing a series of mathematical functions focused on the analysis and potential of waste management cost maximization, mainly regarding the minimization of landfill destination and transportation cost. The input data for the equation are number of bricks, iron, lime, concrete, other CDW, soil and transportation cost.
Bernardo et al. (2016)	Portugal	CDW	Municipal	- Statistical Information, from Lisbon Metropolitan Area (LMA).	2008-2012	Considered the quantification of building demolition residues, correlating these values with population density, building density per square kilometer and the percentage of urban area in relation to the total region area.
Song et al. (2017)	China	DW	National	- Estimates the Annual Total Area of Construction (ATAC), in China.	2015-2018	The methodology developed by the authors considers the quantities generated in various regions of the country and the CDW composition in each of these locations. Using a Gray Model (GM) in conjunction with a Regression Support Vector, the authors obtained generation results with the error associated for each year.
Zheng et al. (2017)	China	CDW	Municipal	- China Statistical Yearbook; - China Statistical Yearbook on Construction.	2003-2013	The method is not restricted only to quantifying CDW generated over a period of time, but also to quantifying the area required for CDW management such as construction, recycling and disposal. The authors used input data such as built-up area, urban area covered by road system, urban area with green coverage, increase of buildings over a year, average of floors per building and other related data.
Ram & Kalidindi (2017)	India	CDW	National	- Technology Information, Forecasting; - Assessment Council (TIFAC), India Government.	2013	Aiming demolition residue quantification, the adopted method is based on other authors works introducing some changes in the quantification equation. The authors adopted as calculation criteria the total area of demolitions in a given region, generation rate per area and the proportion of the type of building to be demolished in under study region

Table 2 – List of articles with proposed methods of quantification of construction, demolition and/or renovation waste. The main information of each article is described in columns, allowing to establish relations and further discussions.

Source: Authors.

More simplified methods are adopted by Bakshan et al. (2015) and Tamraz et al. (2012), who use the built-up area as a reference for their estimates. Lu et al. (2016) presents estimates in more detail, predicting generation by

stage (construction, renovation and demolition).

Studies conducted in Brazil are restricted to estimates based on quantifications of previous project generations, as presented by Nagalli (2012) and Kern et al. (2015).

Li et al. (2016), Llatas & Osmani (2016) and Song et al. (2017) adopted modeling systems. Llatas & Osmani (2016), evaluated different design possibilities, correlating them to waste generation estimates. Song et al. (2017) estimated the generation from regression of quantities and compositions from various regions of China.

4. CONCLUSION

The constructed/demolished area ratio and the generation rate per square meter can be considered most widespread method, however it is difficult to infer about its greater accuracy.

It is concluded that the development of segregated quantification methods for the construction and demolition phases separately could improve the management of the CDW either in project management or in public management.

The evolution of CDW quantification methods occurs slowly, given the year of the first study.

There is a development gap in quantification methods of CDW in numerous countries, including Brazil.

A few sources national data may support the use of methods used for country (population x average generation rate) or regional (urban expansion x average generation rate) scale. Local scales, however, lack the development of methods that allow the estimation of quantities and characteristics of the Brazilian CDW, which still does not exist.

REFERENCES

- ABRELPE Brazilian Association of Public Cleaning and Special Waste Companies (2018). **Overview of Solid Waste in Brazil 2017**. Special edition of 15 years. Brasil (in Portuguese)
- 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. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 16, 219-224, 2011.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Planos de Gestão de Resíduos Sólidos: manual de orientação**. Brasília – DF, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção – PAIC**, 2017.
- Esa, M.R., Halog, A., Rigamonti, L. Developing strategies for managing construction and demolition wastes in Malaysia based on the concept of circular economy. **Journal of Material Cycles and Waste Management**. 19 (3), 2017. p. 1144-1154.
- Gálvez-Martos, J.L.; Styles, D.; Schoenberger, H.; Zeschmar-Lahl, B. Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation and Recycling**. 136, 2018. p. 166-178
- Waskow, R.P., dos Santos, V. L. G., Kanno, R., Tubino, R.M.C. Cost Assessment of the Brazilian Construction and Demolition Waste Recycling Plant: A Case Study of Porto Alegre. **Revista Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS)**. 2019. No prelo.
- Scott Hood, R. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação** (in portuguese). Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2006.
- Bernardes, A.; Thomé, A.; Prietto, P. D. M.; Abreu, Á. G. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Revista Ambiente Construído**. 3, 2008. p. 65-76.
- Lima, A. S.; Cabral, A. E. B., 2013. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, 18, 169-176.
- Saez, P.V. et al. Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works. **Resources, Conservation and Recycling**, n. 93, 2014. p. 67-74.
- Bernardo, M. et al. Demolition waste generation for development of a regional management chain model. **Waste Management**. n. 49, 2016. p. 156-169.
- Zheng, L. et al. Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China. **Construction and Building Materials**, n. 136, 2017. p. 405-413.
- Nagalli, A. Quantitative Method for Estimating Construction Waste Generation. **The Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, 2012.
- Jingkuang, L. et al. A Model for Quantification of Construction Waste in New Residential Buildings in Pearl River Delta of China. **The Open Construction and Building Technology Journal**, n. 6, 2012. p. 398-403.
- Li, Y. et al. Developing a quantitative construction waste estimation model for building construction projects. **Resources, Conservation and Recycling**, n. 106, 2016. p. 9-20.
- Llatas, C.; Osmani, M. Development and validation of a building design waste reduction model. **Waste**

Management, n. 56, 2016. p. 318–336.

Ghosh, S.K. et al. An Optimization Model on Construction and Demolition Waste Quantification from Building. **Procedia Environmental Sciences**, n. 35, 2016. p. 279 – 288.

Rhyner, C.R.; Green, B.D. The Predictive Accuracy of Published Solid Waste Generation Factors. *Waste Management & Research*, n. 6, 1988. p. 329-338.

Cochran, K. M.; Townsend, T.G. Estimating construction and demolition debris generation using a materials flow analysis approach. **Waste Management**, n. 30, 2010, p. 2247–2254.

Song, Y. et al. Development of a hybrid model to predict construction and demolition waste: China as a case study. **Waste Management**, n. 59, 2017. p. 350–361.

Yost, P.A.; Halstead, J.M. A Methodology for Quantifying the Volume of Construction Waste. **Waste Management & Research**. 14, 1996. p. 453–461.

Cochran, K. et al. Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US. **Waste Management**, n. 27, 2007. p. 921–931.

Kofoworola, O.F.; Gheewala, S.H. Estimation of construction waste generation and management in Thailand. **Waste Management**, n. 29, 2009. p. 731–738.

Saez, P.V. et al. Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain. **Waste Management & Research**, n. 30(2), 2012. p. 137–146.

Tamraz, S.N. et al. Construction **Demolition Waste Management in Lebanon. Integrating Sustainability Practices in the Construction Industry - ICSDC**. ASCE Library, 2011. ISBN (print): 9780784412046.

Li, J. et al. A model for estimating construction waste generation index for building project in China. **Resources, Conservation and Recycling**, n. 74, 2013. p. 20– 26.

Kern, A.P. et al. Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression. **Waste Management**, n. 39, 2015. p. 35–44.

Bakshan, A. et al. A field-based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects. **Resources, Conservation and Recycling**. n.100, 2015. p. 70–80.

Saez, P.V. et al. New quantification proposal for construction waste generation in new residential

constructions. **Journal of Cleaner Production**, n. 102, 2015. p. 58 – 65.

Lu, W. et al. Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China. **International Journal of Construction Management**, 2016.

Ram, V.G.; Kalidindi, S.N. Estimation of construction and demolition waste using waste generation rates in Chennai, India. **Waste Management & Research**, 2017.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2548-2408>

RODRIGO KANNO |Universidade Federal do Rio Grande do Sul |Engenharia Metalúrgica | Porto Alegre, RS – Brasil |Correspondência para Av. Bento Gonçalves, 9500 - Setor 6-Centro de Tecnologia - CT – UFRGS - Porto Alegre, RS, 91501-970 | E-mail: rodrigokanno@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6633-8683>

REGIS PEREIRA WASKOW, Dr. |Universidade Federal do Rio Grande do Sul |Engenharia Ambiental | Porto Alegre, RS – Brasil | Correspondência para Av. Bento Gonçalves, 9500 - Setor 6-Centro de Tecnologia - CT – UFRGS - Porto Alegre, RS, 91501-970 | E-mail: regisengambiental@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1892-0900>

REJANE MARIA CANDIOTA TUBINO, Dra. |Universidade Federal do Rio Grande do Sul |Engenharia Civil | Porto Alegre, RS – Brasil | Correspondência para Av. Bento Gonçalves, 9500 - Setor 6-Centro de Tecnologia - CT – UFRGS - Porto Alegre, RS, 91501-970 | E-mail: vlsg@ufrgs.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

KANNO, Rodrigo; WASKOW, Regis Pereira; TUBINO, Rejane Maria Candiota. CDW Quantification In The Several Stages of Life of a Building: Identification and Characterization of the Main Methods. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 67-75, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.67-75>.

DATA DE ENVIO: 27/11/2019

DATA DE ACEITE: 13/01/2020

MOBILIÁRIO INFANTIL ORIENTADO AO COMPORTAMENTO SUSTENTÁVEL E LIVRE DA CRIANÇA

FURNITURE DESIGN AS A TOOL TO STIMULATE SUSTAINABILITY AND FREEDOM IN CHILDREN

JÚLIA LOPES KANO | UNESP

TOMÁS QUEIROZ FERREIRA BARATA |

MARIA JOSÉ CANÊDO SANGLARD |

RESUMO

O atual modelo de produção de bens de consumo, pautado pela exploração exacerbada dos recursos naturais com foco no atendimento das demandas da sociedade contemporânea, provoca impactos ambientais de diferentes tipos e proporções. O presente trabalho possui como objetivo principal apresentar o processo produtivo e o desenvolvimento de um protótipo de mobiliário infantil multifuncional que desperte a atenção e a curiosidade da criança acerca de questões ambientais, com foco na cocriação e na valorização da capacidade criativa da criança. O percurso metodológico incluiu pesquisa de campo de produtos similares, análise e aplicação de diretrizes para o desenvolvimento de projeto sustentável e de pedagogias alternativas, estudo de materiais, componentes construtivos e encaixes adequados ao projeto de mobiliário infantil, resultando na produção de um protótipo em escala 1:1. Segundo os pesquisadores, durante o processo de validação, observou-se que os objetivos sugeridos no início do estudo foram atendidos, desde o despertar da criatividade infantil com as diversas formas de uso que foi atribuído ao protótipo, passando por um olhar mais atento da criança para com as questões ambientais com os questionamentos que surgiram, até a adequação ergonômica observada através do equilíbrio entre as dimensões do protótipo e as dimensões antropométricas do público alvo.

PALAVRAS CHAVE: Design; Mobiliário Infantil; Sustentabilidade; Educação Ambiental; Cocriação

ABSTRACT

The current model of production of consumer goods, guided by the exacerbated exploitation of natural resources with a focus on meeting the demands of contemporary society, causes environmental impacts of different types and proportions. The main objective of this work is to present the production process and the development of a prototype multifunctional children's furniture that awakens the attention and curiosity of the child about environmental issues, focusing on co-creation and the valorization of the child's creative capacity. The methodological route included field research of similar products, analysis and application of guidelines for the development of sustainable project and alternative pedagogies, study of materials, construction components and fittings suitable for the design of children's furniture which resulted in the production of the prototype in a 1:1 scale. According to the researchers, during the validation process, it was possible to observe that the objectives suggested at the beginning of the study were met, since awakening child creativity with the various forms of use that was attributed to the prototype, going through a closer look at the child towards environmental issues with the questions that arose, until the ergonomic adequacy observed through the balance between the dimensions of the prototype and the anthropometric dimensions of the target audience.

KEY WORDS: Design; Children's Furniture; Sustainability; Environmental Education; Cocreation.



1. INTRODUÇÃO

As questões climáticas atuais são um reflexo do modelo de produção e consumo dos últimos séculos. Vivemos um momento histórico decisivo, mais do que nunca a humanidade precisa mudar comportamentos e adotar hábitos mais sustentáveis. Transformações que devem vir acompanhadas de políticas públicas eficientes e práticas produtivas no setor privado para efetivamente reduzir os impactos das ações do homem sobre o planeta. Projetar com responsabilidade ambiental e levar em consideração uma economia “leve” é decisivo na sociedade atual. Para Kazazian (2005) a sociedade precisa dar um enorme salto criativo, pois um impulso dado hoje pode trazer resultados concretos no prazo de dois a cinco anos. Esse salto criativo se dá através de objetos concebidos para tecer um novo vínculo entre o homem e o meio.

A geração futura será formada pelas crianças de hoje, por esse motivo é tão importante educá-las da melhor forma possível, vislumbrando “a passagem de uma sociedade de consumo para uma sociedade dita de uso” (KAZAZIAN, 2005, p. 10). A atual economia somada à era informacional e tecnológica estão diminuindo cada vez mais a duração da infância e dos valores tão ricos presentes na criança, como a curiosidade e a criatividade. Nesse aspecto, torna-se de grande importância a inserção de pedagogias que eduquem valorizando o brincar, o indivíduo por inteiro e como centro do processo e a descoberta do meio pelos olhos da criança e no tempo natural dela.

As crianças possuem desenvolvimento muito rápido, de um ano para outro as formas de brincar e de interagir mudam muito, por esse motivo o descarte de objetos e brinquedos nessa fase é grande. A preocupação ambiental deve ser ensinada durante o período pré-escolar, que compreende crianças de 2 a 7 anos, uma vez que, segundo Gandra (1981), é durante esse período que a criança desenvolve as bases e habilidades para a vida adulta.

As oportunidades no mercado de mobiliário infantil vêm crescendo nos últimos anos. A marca italiana Magis, com a coleção de 2004 Me too, foi uma das primeiras marcas a oferecer móveis e acessórios para crianças com design contemporâneo, ou seja, produtos com linhas simples que buscam o novo. Segundo matéria de Carlos Souza para a HABITUS BRASIL (2016) [1], os móveis no segmento infantil buscam principalmente crescer com as crianças atendendo às demandas de idades diferentes, serem de fácil montagem com poucos elementos como parafusos e acessórios de montagem e buscam dialogar com o universo infantil.

O SEBRAE (2013) [2] afirma que o mercado infantil cresce em ritmo acelerado no Brasil: 14% ao ano, ou o dobro do verificado nos segmentos voltados para adultos. Hoje, as crianças

brasileiras movimentam cerca de R\$ 50 bilhões por ano. Como 99% das crianças assistiam à televisão, elas são atingidas a todo o momento pela publicidade e pela informação.

O SPC Brasil e Meu Bolso Feliz (2015) [3] conduziram uma pesquisa para identificar como se dá o acesso das crianças aos mais diversos produtos, demonstrar de que forma o consumo está inserido no universo infantil e investigar a influência da mídia no consumo. O estudo revela que quatro em cada dez mães (46,4%) admitem não existir regras para presentear os filhos, ou seja, elas o fazem quando querem e 39% das mães participantes da pesquisa gastam mais que o planejado quando os filhos as acompanham nas compras. O grau de influência aumenta nas compras de jogos e brinquedos e chega a 7,06, numa escala de 1 a 10. Nesse nicho de mercado, 18,1% das mães admitem que os filhos são os decisores desta compra.

De acordo com o exposto, o mercado infantil é um setor promissor. A desmaterialização da criança dentro de um mundo voltado para o consumo e introdução de uma sensibilidade para com as questões ambientais são os maiores desafios conceituais do projeto. A partir disso, identificou-se o problema de como o mobiliário pode contribuir no desenvolvimento da autonomia infantil, dos valores e habilidades inatos ao crescimento da criança, além de incentivar um olhar mais atento à questão ambiental.

O presente trabalho possui como foco a participação da criança em todo o processo de desenvolvimento do produto até sua usabilidade e visa proporcionar uma relação íntima e de afeto entre o público alvo e o móvel. O projeto também buscou compreender o comportamento infantil no contexto do consumo e sua importância frente à problemática ambiental atual. As etapas metodológicas desse estudo podem ser divididas em: a) estudo de diretrizes para o desenvolvimento de um projeto sustentável; b) pesquisa, análise e aplicação de pedagogias alternativas; c) adequação ergonômica do projeto com foco em crianças de 4 a 6 anos; d) estudo de materiais, sistemas construtivos e encaixes adequados ao projeto de mobiliário infantil; e) produção de um protótipo em escala 1:1 para verificar a viabilidade do projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sustentabilidade

Com a Revolução Industrial e a transição de novos processos de manufatura que esta possibilitou em meados do século XIX, o design pretendia alcançar soluções universais com a aplicação de força química bruta e da energia de combustíveis fósseis que fossem necessárias para alcançar

tais soluções com a premissa de que a natureza deveria ser dominada. Nesse momento, os produtos eram todos projetados acreditando que a natureza proporcionaria recursos infinitos e nem se imaginavam problemas ambientais como o aquecimento global (BRAUNGART; McDONOUGH, 2013).

A preocupação ambiental começou a tomar forma com o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável introduzido no debate internacional pelo documento da World Commission for Environment and Development *Our Common Future*, base da conferência UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) ocorrida no Rio de Janeiro em 1992. O conceito previa que “as atividades humanas não deveriam interferir nos ciclos naturais em que se baseia tudo o que a resiliência do planeta permite, e ao mesmo tempo, não devem empobrecer seu capital natural, que será transmitido às gerações futuras” (MANZINI; VEZZOLI, 2011, p. 27).

Com o despertar da consciência ecológica, os projetos de design começaram a acrescentar a preocupação ambiental em seu processo de desenvolvimento. É necessário, principalmente, projetar pensando em todo o ciclo de vida do produto (concepção, comercialização, utilização e descarte). Segundo Braungart e McDonough (2013), para fechar um ciclo produtivo de forma a minimizar os impactos ambientais, o projetista pode seguir dois caminhos: o *ciclo biológico*, em que o material ou produto retorna para a natureza sendo consumido por micro-organismos no solo ou outros animais e o *ciclo técnico*, em que o material ou produto retorna ao metabolismo industrial do qual provém.

O futuro precisa ser desenhado de forma sustentável e os projetos precisam ser pensados de forma que, ao fim de sua vida útil, não se transformem em resíduos inúteis.

O tempo das nossas sociedades modernas é curto. É o tempo do consumo, da impaciência. Encolhido, precipitado, acelerado ainda pelo marketing, que, favorecendo a renovação incessante da oferta de objetos e opções inúteis, participa do aumento exponencial do volume dos resíduos... Esse tempo moderno bate de frente com o tempo da natureza em sua produção de matérias primas em sua capacidade de absorção da enorme quantidade de resíduos gerados (KAZAZIAN, 2005, p. 40).

Sendo assim, é preciso formar cidadãos conscientes desses impasses dramáticos e complexos do nosso planeta e toda sua multidimensionalidade, cabendo à escola o papel de educar cidadãos da Terra (ZIEGLER; CAVALCANTE, 2016). Educação ambiental é uma dimensão da educação e, segundo a Política Nacional de Educação Ambiental

[4], abrange “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”.

2.1.1 Diretrizes para um projeto sustentável

Projetar de forma sustentável não é mais uma direção a ser seguida, é uma necessidade e um objetivo a ser alcançado por todos, tanto aqueles que produzem como aqueles que consomem (MANZINI; VEZZOLI, 2011). Não se trata de ser menos mal utilizando um elemento reciclado no projeto, mas em contrapartida precisar utilizar o dobro de água no processo e adicionar mais componentes químicos para torná-lo utilizável. Trata-se de projetar pensando em toda a cadeia produtiva e em toda a vida do produto, incluindo o transporte, as máquinas que serão utilizadas, o local de produção, os materiais, a montagem dos componentes, as pessoas envolvidas, como e onde será descartado, ou seja, no produto como um todo e de uma forma sistêmica (BRAUNGART; McDONOUGH, 2013).

Os designers são peças fundamentais no processo de obtenção de produtos intrinsecamente sustentáveis quando projetam ligando o tecnicamente possível com o ecologicamente necessário. O produto intrinsecamente sustentável gera questionamentos positivos e reflexões a cerca das questões ambientais, através da entrada em um mercado que ainda está sujeito a verificação, porém com grandes chances de sucesso e inovação. Este modo de agir e projetar leva a soluções verdadeiramente coerentes com a perspectiva da sustentabilidade (MANZINI; VEZZOLI, 2011).

No que tange ao âmbito projetual, esse conceito de modelo sustentável se desdobra, portanto, por meio da inserção do hábito de prever, de forma sistêmica e antecipada, ainda durante as etapas de geração das alternativas projetuais, coordenadas e linhas guias que promoveriam uma relação desejável entre projeto, produção e o fim da vida do produto, prevendo por consequência sua reutilização e reciclagem, ou seja: projetar o ciclo de vida inteiro do produto (MORAES, 2010, p. 59).

O objetivo maior a ser atingido com projetos e estilos de vida sustentáveis é que todo o descarte se torne alimento e nutriente para o meio ambiente e para aquilo que está por vir, como retratado no documentário *Waste Equals Food* feito por Rob Van Hattun (2006). O produto após completar sua vida útil e ser descartado tem duas opções de destino dentro do conceito *cradle to cradle* [5], elaborado por Michael Braungart e William McDough, servir de nutriente

para o metabolismo biológico ou para o metabolismo técnico. Segundo Braungart e McDough (2013), um produto projetado para retornar ao ciclo biológico quando descartado pode ser consumido por micro-organismos no solo e outros animais, ou seja, são biodegradáveis e o produto projetado para retornar ao ciclo técnico retorna ao metabolismo industrial do qual provém a fim de ser novamente inserido em alguma parte do processo produtivo.

Para Braungart & McDough (2013) e Manzini & Vezzoli (2011), um projeto sustentável e ecoefetivo deve:

- Afastar-se de substâncias que são reconhecidas como prejudiciais à saúde humana e ambiental;
- Usar materiais renováveis e biodegradáveis;
- Utilizar, se possível, componentes que provenham de produtos já eliminados ou materiais recicláveis;
- Respeitar quem faz o produto, as comunidades próximas de onde é feito, quem o manipula e transporta e o cliente;
- Não acumular lixo que o ecossistema não seja capaz de *renaturalizar* (isto é, fazer retornar às substâncias minerais originais e, não menos importante, às suas concentrações originais);
- Digitalizar o produto ou alguma de suas partes;
- Evitar componentes ou partes que não sejam estritamente funcionais.

2.2 Criança e o consumo

Segundo McNeal (2000) o comportamento consumidor pode ser dividido em cinco etapas. A primeira é a observação, em que a criança tem seu primeiro contato sensorial com o mundo do consumo e sua primeira oportunidade de atuar como fonte comercial de bens e serviços que satisfazem suas necessidades. A segunda etapa é caracterizada pelo momento em que elas começam a pedir artigos de consumo. A terceira é o ato físico de comprar de fato o que lhes dão satisfação, o ato de pegar e escolher. Na quarta etapa a criança quer participar do pagamento do artigo ou serviço. Por último, na quinta etapa depois de vivenciar algumas vezes o ato de consumir, elas buscam ser mais independentes no ato de comprar e já possuem a capacidade de querer o produto, escolher e pagar, geralmente esta etapa é alcançada com uma idade média de 8 anos.

McNeal (2000) considera o mercado infantil um mercado de influência, por orientarem o gasto de dinheiro dos pais e responsáveis em benefício próprio para satisfação de suas necessidades e desejos. Os pais são os agentes primários de socialização da criança e o seu comportamento consumidor influencia no desenvolvimento da criança como consumidora na fase adulta.

Segundo pesquisa do Portal Meu Bolso Feliz em

parceria com o Serviço de Proteção ao Crédito (SPC) [6], 52% das pessoas ouvidas afirmaram já ter comprado produtos para os filhos, mesmo sabendo que essa atitude iria comprometer o orçamento da própria família.

As crianças de hoje serão os consumidores futuros de bens e serviços, portanto é necessário ensinar com sabedoria sobre consumo e meio ambiente nessa etapa da vida para que no futuro sejam consumidores conscientes, desmaterializados e com responsabilidade ambiental em suas ações.

A influência do mundo digital é perceptível no consumo de produtos do mercado infantil. As propagandas televisivas lançam estratégias de marketing que estimulam a criança a querer o produto mostrado, mas além da criança, esse segmento também precisa envolver os pais, familiares e responsáveis que são aqueles que vão comprar de fato o produto.

2.3 Desenvolvimento infantil

Jean-Jacques Rousseau foi precursor de uma abordagem da pedagogia infantil pautada nas necessidades da criança, proclamando que ela não tem que se tornar outra coisa senão aquilo que ela deve ser. Rousseau questionava a forma de transmitir o saber necessário para se viver em sociedade, pois ao mesmo tempo em que a ciência liberta, também pode gerar um conformismo intelectual ao homem (SOËTARD, 2010).

É necessário favorecer os prazeres e o amável instinto da criança, organizando a transmissão de pensamento e a pedagogia de maneira que a própria criança se encarregue da tarefa de receber a “mensagem” de seu “receptor”. A pedagogia deve saber relacionar o interesse de cada um para que não seja um processo mecânico e fechado, sem valorizar a busca de conhecimento natural que ocorre nas primeiras fases da infância (ROUSSEAU, 1995).

A pedagogia proposta por Rousseau ainda prevê o papel do pedagogo na educação da criança, em que deve atuar de maneira tal que sua vontade não substitua jamais a vontade da criança e buscar conhecer por completo o sujeito que deve educar. O educador acompanha a criança em todo o seu itinerário, incentivando a descoberta de sua autonomia e estimulando-a no momento em que deve esforçar-se por reconstituir-se por meio da ruptura de seu desejo e/ou seu encontro com a realidade (SOËTARD, 2010).

Segundo Paim (2003), a idade pré-escolar é o “[...] período em que o organismo se torna estruturalmente capacitado para o exercício de atividades psicológicas mais complexas”. É uma idade de fundamental importância na vida humana por ser um período em que a personalidade do indivíduo começa a tomar forma. Para Erickson (1959)

duas qualidades essenciais emergem durante a fase pré-escolar: autonomia e iniciativa. Durante essa fase ocorre um processo de descentralização, em que a criança consegue perceber mais de um aspecto de um determinado objeto de uma só vez. São grandes e significativas mudanças que ocorrem durante esse período, que compreende principalmente crianças de 2-6 anos.

Os pré-escolares de 2 a 6 anos de idade se encontram em processo de maturação biológica. Segundo Gandra (1981), nessa fase de desenvolvimento do indivíduo as principais habilidades e funções cognitivas do ser humano são formadas, tais como raciocínio, percepção, memória, formação de conceitos, produção e significado da fala, capacidade para inferir em estados mentais dos outros e consciência e sentimentos de si mesmos. Nessa etapa, a criança necessita receber do meio estímulos e solicitações adequadas para que desenvolva as habilidades e funções cognitivas por meio de processo espontâneo e de interação com o meio em que vive.

O processo do conhecimento é, na realidade, o resultado do relacionamento do sujeito com o evento, com o fato, com o objeto que o meio se lhe apresenta, resultando daí a aquisição de uma representação intelectual daquele evento ou objeto, que em seguida passa a pertencer ao seu acervo próprio (GANDRA, 1981, p. 4).

A partir dos 4 anos a criança aumenta seus poderes de compreensão, tendo uma noção vaga de tempo, entende o que é dia e noite, hoje e amanhã, inverno e verão. Consegue articular bem frases mais complexas por dominar os sons básicos da fala. Por consequência, começa a se tornar mais independente e já começa a se entender como indivíduo (TEREPINS, 1993). Antes dos primeiros desenvolvimentos da infância (andar, falar e comer) que ocorrem todos ao mesmo tempo, a criança não tem nenhuma ideia e não sente sequer sua própria existência (ROUSSEAU, 1995).

Diante do exposto, o presente projeto tem como foco crianças de 4 a 6 anos. Por ser uma fase de extrema absorção de novos conhecimentos e de essencial importância para o desenvolvimento do indivíduo, a oportunidade de entrar nesse universo do período pré-escolar é justamente somar no desenvolvimento da criança. É o momento ideal para incentivar o olhar, a curiosidade e a preocupação da criança para com o meio ambiente a fim de torná-las indivíduos mais conscientes da atual situação da sociedade, sempre atentos à forma como o ser humano descarta e consome.

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), a educação básica é obrigatória a partir dos 4 anos [7]. Existem várias abordagens psicológicas

que têm como objetivo central o aprendizado através do brincar, valorizando o tempo natural de curiosidade e aprendizado da criança durante a fase pré-escolar.

2.3.1 A autonomia

Jean Piaget em seu livro "O juízo moral da criança" relaciona a autonomia com a formação da consciência da regra pela criança que se divide em três principais estágios. No primeiro deles que compreende crianças de até 2 anos é o estágio motor individual em que as ações são realizadas de acordo com a vontade, sem levar em consideração regras e proibições. Entre os 2 e 6 anos, a criança se enquadra no segundo estágio, classificado como o apogeu do egocentrismo e a primeira metade do estágio da cooperação. Nesse período a regra é considerada sagrada e intangível, de origem adulta e externa e durante um jogo, por exemplo, as crianças não possuem preocupação em ganhar ou perder, jogam cada uma por si. Com 7 a 12 anos desenvolve-se o estágio de cooperação, em que as regras são impostas pelo consentimento mútuo, permitindo alterações de acordo com o grupo e com o consentimento de todos. Nesse momento a regra se interioriza e aparece como resultado da consciência autônoma.

A autonomia, segundo Piaget, aparece a partir dos 7 anos e é caracterizada pelo seu caráter espontâneo que surge da própria criança como um conjunto de princípios de justiça baseados na igualdade e no respeito mútuo. As leis e regras se tornam uma opção que o indivíduo faz considerando a intencionalidade de seus atos. Sua prática é correta por ser um resultado de uma decisão livre e racional. O indivíduo só é caracterizado como autônomo a partir do momento em que ele tem consciência e compreende sua autonomia.

Autonomia é a "capacidade de autogovernar-se, de dirigir-se por suas próprias leis ou vontade própria; soberania" [8]. É também, dentro da filosofia, a "liberdade do homem que, pelo esforço de sua própria reflexão, dá a si mesmo os seus princípios de ação, não vivendo sem regras, mas obedecendo às que escolheu depois de examiná-las" [8]. Autonomia em seu sentido mais profundo é portando ter total controle de suas escolhas levando em consideração seus valores e princípios.

Dentro da pedagogia montessoriana, segundo Fontenele e Silva (2012), Maria Montessori busca valorizar a cooperação e ter a criança como um ser livre, trabalhando a auto-educação e auto-disciplina através das experiências pessoais de cada criança. O método então busca a autonomia e o controle interno, mas não denomina a criança autônoma.

Diante do diálogo de algumas abordagens sobre autonomia, é possível concluir que uma criança entre 4 a 6 anos, faixa etária escolhida para o presente projeto, não é

autônoma, mas pode desempenhar atividades e ações de forma mais independente e livre visando a autonomia futura. A criança é capaz de exercer inúmeras atividades dentro de seu universo, realizar tais atividades incentiva o desenvolvimento pessoal e suas habilidades, portanto projetos que valorizem esse cenário tornam-se necessários e relevantes.

2.4 Pedagogias

Assim como na educação, projetar para o público infantil necessita de uma pedagogia para nortear o caminho do projeto. Para Mizukami (1986), de acordo com determinada proposta pedagógica, privilegia-se um ou outro aspecto do fenômeno educacional.

No modelo tradicional de ensino, o adulto é visto como “pronto”, inserido no mundo através de informações que lhe serão fornecidas, até que esteja repleto delas, tornando-se apto a repassá-las para aqueles que não as possuem. A criança é vista como um “adulto em miniatura” que deve ser atualizada. Nessa proposta de aprendizagem o foco é centrado no professor e o aluno apenas executa prescrições que lhe são fixadas. A abordagem tradicional é caracterizada pela concepção de educação como um produto, sendo uma transmissão de ideias selecionadas e organizadas logicamente (MIZUKAMI, 1986).

Este tipo de concepção de educação permanece atualmente sob diferentes formas, mas possuem ausência de ênfase no processo. Nesse cenário, as abordagens alternativas como a humanista e a cognitivista ganham espaço nas pedagogias tanto dentro das escolas como em casa na concepção do ambiente em que a criança irá se desenvolver.

Os objetivos principais das pedagogias de educação infantil centradas na criança são incentivar o desabrochar das habilidades infantis e ensiná-la a conviver em sociedade, respeitando regras e limites.

A pedagogia Waldorf, segundo a Sociedade Antroposofica (SAB) [9], concebe o homem como uma unidade harmônica físico-anímico-espiritual e sobre esse princípio fundamenta toda a prática educativa. O ensino é dividido em momentos que compreendem etapas de sete anos, denominadas setênios. No primeiro setênio de (0 a 7 anos), etapa de estudo do projeto, a criança emprega todas as suas energias para o desenvolvimento de seu físico. Nesta fase a criança possui grande abertura em relação ao mundo e ela responde com a repetição dos estímulos vindos do ambiente exterior, a imitação. É através dessa imitação que se dá a maior parte do aprendizado infantil nessa etapa, inclusive a fala, o fazer, do discernimento do adequado e do impróprio. O ensino é pautado no cultivo do lado artístico da

criança e todas as matérias subjacentes são introduzidas no ensino tendo como fio condutor a arte, incentivando o pensar artístico e a criatividade.

Já o conceito fundamental que sustenta o método Montessoriano é que as crianças necessitam de um ambiente apropriado para seu desenvolvimento interno e externo. O ambiente equipado para receber as crianças é adaptado às suas atitudes e perspectivas, a fim de permitir que vivam e se movam de forma responsável, encorajando a autodisciplina. O material didático é metodicamente preparado e padronizado, com o objetivo da criança encarar seu desígnio intelectual através de um objeto escolhido livremente por ela e aprender com seus erros e acertos (RÖHRS, 2010).

No método Piaget, Jean Piaget ressalta a importância da escola na educação da criança, que deve proporcionar ao aluno a oportunidade de desenvolver sua personalidade e formar indivíduos plenamente autônomos, aptos a cooperar, ser solidários e capazes de empreender transformações sociais e culturais. Porém, as informações obtidas na escola só poderão ser compreendidas, se existirem, previamente, em seu intelecto, estruturas obtidas através da interação com o meio que possam assimilá-las. Frente a um processo que gere conflitos e contradições, desencadeia-se o processo de equilíbrio responsável pela construção das estruturas da inteligência (ASSIS, 2000).

Tendo como base a pesquisa teórica de algumas pedagogias que atuam no cenário atual da educação, o presente projeto absorveu os principais pontos de cada uma delas a fim de valorizar os valores e habilidades inatas das crianças.

3. PERCURSO METODOLÓGICO

O projeto foi subdividido em quatro etapas principais a começar pela pesquisa bibliográfica; pesquisa contextual; pesquisa de estímulos criativos e por fim a concepção do projeto, incluindo o briefing até o desenvolvimento do protótipo e o estudo da viabilidade do projeto.

A primeira etapa do projeto é caracterizada como uma imersão dentro dos assuntos que serão abordados no projeto, que se constituiu no aprofundamento do referencial teórico, criando uma base para posteriormente nortear a idealização do projeto. A pesquisa desk é a principal ferramenta utilizada nessa etapa.

Durante a segunda etapa ocorreu a pesquisa contextual, que consiste na identificação de comportamentos dos possíveis usuários e do entendimento do mercado do setor trabalhado. Durante esse processo foi elaborado um questionário online para os pais de crianças de 4 a 6 anos e realizado estudos de caso com marcas

já existentes no mercado nacional e internacional para compreender a demanda e as possibilidades já existentes dentro do setor de mobiliário infantil, além de pesquisas de campo visitando lojas e empresas do setor. Com as informações depreendidas de todo esse estudo e do referencial teórico foram elaboradas as personas que norteiam o projeto.

Numa terceira parte, durante a pesquisa de estímulos criativos, a atividade principal realizada foi um workshop criativo junto às crianças da faixa etária estudada. As atividades realizadas baseiam-se na cocriação e no design participativo com o objetivo de entender melhor o público infantil e sua relação com o meio. O workshop criativo é a essência do projeto e foi a partir da desconstrução das linhas dos desenhos e objetos das crianças que o produto final foi idealizado formalmente.

Com todos os dados obtidos e os resultados atingidos, deu-se início ao processo de geração de ideias somados aos mockups de processos, de forma livre e aberta ainda sem ter definido qual iria ser o tipo de móvel ou sua função. A partir das ideias, as com maiores possibilidades de desenvolvimento foram selecionadas para gerar alternativas.

Durante a geração de alternativas foram feitos mais mockups de processos a fim de compreender a alternativa em profundidade. Tendo a solução projetual definida e modelada tridimensionalmente ocorreu a fabricação digital do protótipo.

3.1 Análise mercadológica e de usuário

Com base nos estudos de caso, na pesquisa de campo em lojas infantis de decoração, questionário feito para os pais e imersão em escola infantil, foi possível compreender que: os móveis que mais atraem as crianças são aqueles que possibilitam funções além do mobiliário; a inclusão no processo aproxima as crianças; as marcas estão apostando mais em linhas limpas e sem detalhes desnecessários; ocorre uma falta de participação da criança na concepção do quarto e na compra de móveis; para a faixa etária estudada o mobiliário de guardar são os que mais são procurados com foco na organização; foi possível perceber mistura de materiais e um maior valorização de móveis que crescem com a criança, ou seja, que podem ser usados por mais tempo seja adicionando um acessório ou modificando sua estrutura central.

3.2 Pesquisa de estímulos criativos

O design participativo ocorre quando usuários e designers trabalham em conjunto, inclui processos como workshops, etnografia, prototipagem cooperativa,

maquetes e tem como objetivo incluir o usuário no processo de concepção do produto a fim de compreender em profundidade seu público alvo (Kyoto University, 2010).

Como a criação entende-se qualquer ato de criatividade coletiva que é experimentado entre duas ou mais pessoas (SANDERS; SIMONS, 2009). Estimula a imaginação e a criatividade, sendo uma ótima ferramenta para descobrir as reais necessidades do consumidor através do envolvimento ativo com o público que irá utilizar o produto em desenvolvimento (MALVEIRO, 2013).

Utilizando os conceitos de design participativo e cocriação elaborou-se um workshop criativo que tiveram como atividades principais o storytelling com personagem e história idealizados pela autora, oficina para criação de objeto com sementes e tecidos e desenho da parte preferida da história. Para lidar com crianças e entender seus gostos e necessidades se fez necessário a realização de atividades que estimulem a criatividade e o engajamento dos participantes, obtendo assim as respostas desejadas para a realização do projeto. O público infantil não possui o mesmo nível de compreensão que um adulto, sendo impossível a aplicação de um questionário ou de uma entrevista semi estruturada, por exemplo.

O workshop foi desenvolvido na escola Travessia, em Itapira – São Paulo. A escola possui pedagogia centrada no desenvolvimento natural da criança, com foco no brincar livre e em atividades que trabalham questões como respeito ao outro e ao meio ambiente, cooperação, organização e no desenvolvimento das noções comuns do período pré escolar, como a alfabetização, escrita, entendimento de números e conhecimento do ambiente. A metodologia aplicada na escola tem como objetivo trazer o ensino para o universo da criança, através de atividades e histórias.

O grupo acompanhado era composto por seis crianças, três com cinco anos, duas com quatro e uma com dois. A diferenciação das idades é muito importante nesse período, incentivando a cooperação e a troca entre os mais velhos e os mais novos.

O ambiente da escola, por ser uma casa, traz conforto e deixa a criança mais a vontade por reproduzir o ambiente familiar de casa. A escola é toda adaptada para que a criança possa utilizar o espaço e desbravar o ambiente de forma autônoma, dando-lhes cada vez mais confiança e incentivando a independência infantil para atividades básicas como ir ao banheiro ou escovar os dentes sozinhos, por exemplo. Conforme mostrado na Figura 01, as crianças são sempre parte do processo, desde o planejamento até a concepção.



Figura 01 – Horta da Escola Travessia
Fonte: Escola Travessia (2019). Disponível em: <<https://www.facebook.com/travessiaescola/>> Acesso em 29 nov 2019.



Figura 03 – Oficina de criação com elementos da natureza e tecido
Fonte: Autores (2018).

O workshop criativo foi o ponto mais importante para gerar os insights e as idéias para o projeto e foi dividido em 2 principais momentos: a leitura da história (Figura 02) e a oficina de criação (Figura 03). As atividades propostas tinham como objetivos incentivar a criatividade das crianças, entender qual a relação das crianças com o mobiliário do cotidiano, incluir a questão sustentável dentro da história para ensinar e entender o grau de preocupação da criança com questões ambientais.

Após os dias de imersão na escola e a aplicação do workshop criativo com as crianças somado ao conhecimento prévio obtido pela pesquisa bibliográfica, foi possível perceber que as crianças, em geral, não possuem interesse em mobiliários do cotidiano, o que gera a oportunidade de criar um móvel que chame a atenção delas. A percepção de detalhes e de estética infantil é muito diferente de um adulto, portanto um desenho com poucos elementos e pouca informação visual tende a ser mais confortável ao olhar da criança. Explorar as questões ambientais no projeto se mostrou muito necessário, porque as crianças são muito abertas para aprender e aprendem com muita facilidade, o que torna essencial o aprendizado em profundidade de questões ambientais para formar as bases de um indivíduo responsável e consciente.

3.3 Concepção do produto

Para a concepção do produto foi utilizado os desenhos e as criações das crianças como ponto de partida e inspiração. Em um primeiro momento ocorreu a desconstrução das linhas das produções dos alunos e da análise detalhada de todo o conjunto. Logo em seguida as linhas saíram do papel a fim de dar tridimensionalidade para as formas e deu-se início ao processo criativo de geração de ideias (Figura 04). Foram selecionados alguns dos mockups de ideias gerados para a geração de alternativas (Figura 05).



Figura 02 – Leitura da história
Fonte: Autores (2018).



Figura 04 – Desconstrução das linhas dos desenhos e produções das crianças
Fonte: Autores (2018).



Figura 05 – Mockup de processo: geração de ideia
Fonte: Autores (2018).

Durante a geração de alternativas o processo produtivo, a ergonomia e a sustentabilidade tomaram frente dos novos mockups de processo, foi o início da construção daquilo que havia sido desconstruído nas ideias. Nessa etapa foi delimitado o que o móvel iria entregar visualmente e quais seriam suas características principais (Figura 06).



Figura 06 – Mockup de processo: geração de alternativa
Fonte: Autores

3.3.1 Solução projetual

O presente projeto visa gerar um sentimento de pertencimento e uma intimidade afetiva da criança com o mobiliário. Esses sentimentos são gerados a partir da cocriação que envolve a criança em todas as etapas do processo. O desenho formal do projeto partiu da desconstrução das linhas e formas dos desenhos de crianças de 4 a 6 anos. O móvel pode ser colocado no chão ou suspenso. As formas orgânicas permitem incentivar a imaginação infantil e o móvel pode ser o que a criança quiser que ele seja, conforme mostra as Figuras 07 e 08.

O conceito do projeto é um móvel infantil co criativo e intrinsecamente sustentável para guardar com afeto substantivos concretos e abstratos. O móvel possui elementos que permitem o guardar livre e incentivam a criança a executar a tarefa de guardar depois de brincar.



Figura 07 – Protótipo final
Fonte: Rodrigo Queiroz (Dentro Fotografia) (2018).



Figura 08 – Protótipo final: sugestão de uso
Fonte: Rodrigo Queiroz (Dentro Fotografia) (2018).

O móvel resultado do projeto recebeu o nome de TRAVESSIA. Travessia é o nome da escola do período de imersão com as crianças que gerou o desenho do mobiliário e toda a inspiração dos conceitos. Travessia do crescimento e desenvolvimento de todos os seres vivos. Travessia entre o mundo real e a imaginação infantil.

3.4 Materiais e processo produtivo

Visando um mobiliário mais sustentável e a segurança no contato da criança com o móvel, a escolha do material é de extrema importância. Os principais parâmetros levados em consideração na escolha do material foram a resistência a fim de priorizar a segurança do projeto, não possuir componentes químicos e prejudiciais para a saúde do usuário e do meio ambiente em sua composição e o peso do material para ser facilmente manuseado pela criança. O projeto visa integrar a tecnologia em sua fabricação, um melhor aproveitamento de material e a diminuição de resíduos durante a fabricação.

Os materiais que melhor se adéquam aos objetivos propostos pelo presente projeto são a madeira maciça certificada de Pinus e o aço inoxidável. A madeira maciça por ser de origem totalmente natural quando não aplicada a ela acabamentos com componentes prejudiciais para o meio ambiente, pode ser devolvida a natureza servindo de alimento natural fechando um ciclo biológico. O aço inox é um material resistente a corrosão, higiênico, com baixo custo de manutenção, resistente à variações de temperatura e é “100% reciclável, não alterando suas propriedades e nem se perdendo durante o processo de reciclagem” [10].

A mistura de materiais cria uma linguagem interessante para o mobiliário e dialoga com o universo infantil que é sempre muito rico em misturas, criações e experimentações.

As peças principais do mobiliário são fabricadas digitalmente em Pinus maciço de 20 milímetros de espessura, recortadas em CNC depois de colar as peças de madeira até obter a dimensão desejada. A estrutura de aço inox (com diâmetro externo de 25,40 mm) é moldada e soldada na parte de cima para dar sustentação para a peça. Esta é fixada na peça de madeira utilizando sistema comum de encaixe com parafuso. As travas que dão sustentação na parte inferior da peça também são soldadas a estrutura principal de aço inox. As peças em inox recebem pintura eletrostática a fim de dar mais durabilidade para o produto e trazer cor ao móvel.

A fim de inserir o fazer artesanal no universo infantil e gerar um sentimento de aconchego, o móvel possui detalhes em macramê utilizando fios de algodão, conforme Figura 09. O macramê está na superfície para guardar brinquedos, coisas diversas e a própria criança que pode sentar e se sentir acolhida. O acabamento utilizando os fios também é dado onde o móvel recebeu a solda que também possui a função de facilitar o manuseio, conferindo conforto e estabilidade para movimentá-lo e mudar de lugar.



Figura 09 – Protótipo final: detalhe macramê
Fonte: Rodrigo Queiroz (Dentro Fotografia) (2018).

Todas as peças e materiais utilizados no móvel são facilmente separados para reciclagem, reutilização ou descarte correto, caracterizando assim uma das formas de projetar de forma sustentável. A madeira e os fios de algodão são biodegradáveis, o aço inox é 100% reciclável e pode retornar ao ciclo técnico sem perder suas propriedades, portanto o projeto é sustentável no uso de materiais utilizados também.

3.5 Estudo ergonômico

A análise ergonômica se mostra como uma relevante ferramenta no ramo do design de mobiliário por propor o estudo da relação entre o homem e o móvel, considerando as áreas do conhecimento da anatomia, fisiologia e psicologia na solução de problemas surgidos desse relacionamento. Dessa forma, possibilita-se propor maneiras de oferecer conforto, bem-estar, segurança, saúde, acessibilidade, etc., para os usuários do produto.

Para executar a análise ergonômica, baseou-se na proposta de Panero e Zelnik, no livro *Las Dimensiones Humanas en Los Espacios Interiores*, que implica na seleção e análise de diferentes dimensões corporais que devem - de antemão - ser relevantes no contexto de uso do móvel.

O mobiliário possui como altura máxima 720 mm, tornando confortável o ato de guardar ou pegar alguma peça dentro da estrutura. A criança consegue interagir com facilidade com a peça, pois esta não ultrapassa suas dimensões antropométricas máximas.

O conceito principal foi pensado com o objetivo de desenvolver um mobiliário que permitisse guardar substantivos concretos e abstratos (Figura 10), dentro desse conceito foi levado em consideração que a criança também poderia sentar na peça e “se guardar” ali. Por esse motivo foi estudado as relações antropométricas do usuário sentado.



Figura 10 – Protótipo final: estudo de uso com o público alvo
Fonte: Autores (2018).

A estrutura de aço inoxidável confere sustentação e segurança ao móvel, mas em contrapartida deixou a peça muito pesada, tornando difícil o manuseio infantil. A peça possui um balanço suave e seguro, como mostra a Figura 11, uma vez que tanto a estrutura de aço quanto a madeira possuem travamentos para que o mobiliário não vire. Os arcos centrais na estrutura de aço e as extremidades da madeira funcionam como pés enquanto a forma circular da madeira que está em contato com o chão promove o balanço.

O móvel não possui posições pré definidas, foi avaliado no estudo ergonômico a posição que originou o desenvolvimento do projeto, mas a criança tem a liberdade de colocá-lo da forma que lhe satisfazer, a ideia é ser livre.



Figura 11 – Protótipo final: teste ergonômico com o público alvo
Fonte: Autores (2018).

. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto visa criar uma integração sólida e intuitiva entre o desenvolvimento infantil, a execução de atividades de forma livre, a educação ambiental e o sentimento de afeto entre a criança e o mobiliário. O trabalho com o público infantil é riquíssimo e permite o resgate de valores que se perdem durante o crescimento do indivíduo, tais como a criatividade, o brincar, a alegria com pequenas coisas e a imaginação que voa sempre muito alto.

Para desenvolver o projeto e realizar os estudos foi necessário recortar a faixa etária de 4 a 6 anos de idade, mas o móvel não possui idade, gênero, ambiente específico para ser utilizado, forma correta de utilização ou qualquer tipo de pré-determinação. Ele é o que você quiser que seja, guarda o que você quiser que ele guarde, representa o que você quiser que ele represente, ele é você e você é ele.

O projeto atingiu todos os objetivos que foram sugeridos no início do estudo e gerou um conceito que foi aplicado de diversas formas dentro do trabalho até chegar ao desenvolvimento do produto final. Não foi possível mostrar o móvel finalizado na escola Travessia por conta do tempo e da dificuldade de levar até Itapira, mas ao término desse ciclo haverá uma visita à escola novamente com os resultados para as crianças e para a escola.

Futuramente pretende-se trabalhar mais com a questão de sustentabilidade dentro da educação infantil com as histórias que contam de onde vêm as coisas e suas matérias primas. Pretende-se também seguir a linha de entregar a criança um mobiliário cocriativo em que a própria criança é o centro de todo o processo, a fim de gerar um sentimento de pertencimento e afeto com os móveis que a cercam.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, Orly Z. M. de. **A escola e a construção das estruturas da inteligência na criança**. Rev. online Bibl. Prof. Joel Martins, Campinas, SP, v.2, n.1, out.2000. Disponível em: <http://basessibi.c3sl.ufpr.br/brapci/_repositorio/2015/12/pdf_b1dfd69b05_0000018102.pdf> Acesso em: 17 abril 2018.
- BRAUNGART, Michael; McDONOUGH, William. **Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente**. São Paulo: Editora G. Gili, 2013.
- ERIKSON, Erik H. **Identity and the Life Cycle**. New York: International Universities Press, INC, 1959.
- ESCOLA INFANTIL MONTESSORI. E-book **Montessori em casa**.
- FONTENELE, Shirley Maria da Cunha; SILVA, Krcia de Sousa. **A contribuição do método montessoriano ao processo de ensino-aprendizagem na educação**

infantil. Campina Grande, Realize Editora, 2012, p. 1-11. Disponível em: <<http://editorarealize.com.br/revistas/fiped/trabalhos/fface8385abfb94b4593a0ed53a0c70f.pdf>> Acesso em 8 abril 2018.

GANDRA, Y. R. **O pré-escolar de dois a seis anos de idade e o seu atendimento.** Rev. Saúde públ., S. Paulo, 15(supl.) :3-8, 1981. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rsp/v15s0/02.pdf> Acesso em 15 abril 2018.

KAZAZIAN, Thierry. **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

Kyoto University 2010, "Participatory Design", Field Informatics Research Group, Japão.

MALVEIRO, Ana Rita Almeida. **As ilustrações do livro infantil como processo criativo participativo.** Dissertação de Mestrado em Design de Comunicação. Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa, 2013.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os requisitos ambientais dos produtos industriais.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

McNEAL, James U. **Los niños como consumidores de produtos sociales y comerciales.** Washington: Organización Panamericana de la Salud, 2000. Disponível em: <<http://arquivos.eadadm.ufsc.br/saude/2008/biblioteca/outraspublicacoes/childcons.pdf>> Acesso em: 7 abril 2018.

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino as abordagens do processo.** São Paulo: EPU, 1986.

MORAES, Dijon de. **Metaprojeto: o design do design.** 5 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

PAIM, Maria Cristina Chimelo. **Desenvolvimento motor de crianças pré-escolares entre 5 e 6 anos.** Lecturas: Educación Física y Deportes, Buenos Aires, ano 8, nº 58, 2003. Disponível em: <<http://www.ef-deportes.com/efd58/5anos.htm>> Acesso em 14 abril 2018.

PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. **Dimensionamento humano para espaços interiores.** Barcelona: Editora Gustavo Gili, 2002.

PIAGET, Jean. **O juízo moral na criança.** São Paulo: Summus, 1994.

RÖHRS, Hermann. **Maria Montessori** (Coleção educadores). Recife: Fundação Joaquim Nabuco/Editora Massangana, 2010. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/me4679.pdf>> Acesso em 17 abril 2018.

ROUSSEAU, Jean-Jacques. **Emílio ou da educação.** 3

ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A, 1995. Disponível em: <<https://marcosfabionuva.files.wordpress.com/2011/08/emc3adlio-ou-da-educac3a-7c3a3o.pdf>> Acesso em: 23 abril 2018.

SANDERS, Liz; SIMONS, George. **A social vision for value co-creation in design.** Open Source Business Resource, December 2009. Disponível em <<http://timreview.ca/article/310>> Acesso em: 25 maio 2018.

SOËTARD, Michel. **Jean-Jacques Rousseau** (Coleção educadores). Recife: Fundação Joaquim Nabuco/Editora Massangana, 2010. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me4675.pdf>> Acesso em 11 abril 2018.

TEREPINS, Fanny Michaan. **Perfil do Mercado Infantil: Instrumento para a Elaboração de Estratégias de Marketing - Crianças na faixa de três a sete anos.** São Paulo: EAESP/FGV, 1993. p. 189. (Dissertação de Mestrado). Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/4855/1199300317.pdf?sequence=1>> Acesso em: 7 abril 2018.

ZIEGLER, Sandra; CAVALCANTE, Cristhiane. **Educação Ambiental e a Pedagogia Waldorf: contribuições para uma Cidadania Planetária a partir do estudo do processo pedagógico em escolas de João Pessoa-PB.** 2016. Disponível em: <http://uece.br/eventos/spcp/anais/trabalhos_completos/247-38847-31032016-214708.pdf> Acesso em 23 abril 2018.

NOTAS

[1] SOUZA, C. E. **Projetando móveis para crianças,** 2016. Disponível em: <<https://www.habitusbrasil.com/projetando-moveis-para-criancas/>> Acesso em: 24 abril 2018.

[2] SEBRAE. **Estudo de tendência de mercado,** 2013. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/852b-30c6016749a40cd62871dd0f7552/\\$File/4564.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/852b-30c6016749a40cd62871dd0f7552/$File/4564.pdf)> Acesso em: 24 abril 2018.

[3] **Consumo Infantil,** 2015. Disponível em: <https://www.spcbrasil.org.br/uploads/st_imprensa/analise_consumo_infantil_setembro_20151.pdf> Acesso em: 24 abril 2018.

[4] Lei nº 9795/1999, Art 1º. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental>> Acesso em: 23 abril 2018.

[5] Cradle to cradle é "uma lógica poderosa de inovação para transformar a mentalidade de escassez, na qual o mundo atualmente se encontra, unindo áreas

tão distantes quanto economia e design, negócios e ecologia, produção de bens de consumo e concepção de centros urbanos” (BRAUNGART; McDONOUGH, 2013, p. 7).

[6] Disponível em: <https://www.spcbrasil.org.br/uploads/st_imprensa/release_pesquisa_consumo_pais_e_filhos_v3.pdf> Acesso em: 22 abril 2018.

[7] LEI Nº 9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm> Acesso 23 abril 2018.

[8] Michaelis (Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa). Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?id=EMnj>> Acesso em 10 out. 2018.

[9] Disponível em: <<http://www.sab.org.br/portal/pedagogiawaldorf/369-principios-pedagogia-waldorf>> Acesso em 15 abril de 2018.

[10] Ecycle. Ferro: importância e impactos de sua extração. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/4013-ferro.html>>. Acesso em 22 nov. 2018.

AUTORES

ORCID:

JÚLIA LOPES KANO | UNESP | PPGD – Programa de Pós-Graduação em Design (FAAC) | Bauru, SP - Brasil | Correspondência para: Alameda Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 18-45, apto. 808 – Vila Nova Cidade Universitária, Bauru – SP, 17012-191| E-mail: julia.kano@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-5590>

TOMÁS QUEIROZ FERREIRA BARATA, Dr. | Bauru, SP – Brasil | Universidade Estadual de Campinas | Bauru, SP - Brasil | Correspondência para: Alameda Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 18-45, apto. 808 – Vila Nova Cidade Universitária, Bauru – SP, 17012-191| e-mail: tomas.barata@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7698-8674>

MARIA JOSÉ CANÊDO SANGLARD, M.Sc. | Belo Horizonte, MG - Brasil | Correspondência para: Rua Samuel Pereira, 26, apto. 1202 – Anchieta, Belo Horizonte – MG, 30310-550 | E-mail: mjcanedos@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

KANO, Júlia Lopes; BARATA, Tomás Queiroz Ferreira; SANGLARD, Maria José Canêdo. Mobiliário Infantil Orientado ao Comportamento Sustentável e Livre da Criança. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 77-89, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.77-89>.

DATA DE ENVIO: 07/12/2019

DATA DE ACEITE: 23/01/2020

GEOTECNOLOGIAS COMO SUPORTE AO DIAGNÓSTICO DA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICO-FLUVIAL DO BAIXO CURSO DO RIO PARAÍBA DO SUL

GEOTECHNOLOGIES TO SUPPORT THE DIAGNOSIS OF GEOMORPHOLOGICAL AND FLUVIAL DYNAMICS OF THE LOW COURSE OF PARAIBA DO SUL RIVER

DHIEGO DA SILVA SALES | IFF

VICENTE DE PAULO SANTOS DE OLIVEIRA, PhD. | IFF

JADER LUGON JUNIOR, PhD. | IFF

RESUMO

O Paraíba do Sul é um rio brasileiro de grande extensão que atravessa diversas áreas antropizadas, tendo grande propensão à variação morfológica em seu curso baixo. O presente estudo teve como objetivo verificar a ocorrência de modificações morfológicas nos 65 km finais de seu curso devido às forças geomorfológicas. Foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2, de 2017, associadas ao levantamento aéreo do IBGE realizado na região em 2005. As imagens foram utilizadas para classificar, vetorizar e posteriormente obter a quantificação e espacialização dos processos geomorfológicos fluviais. Para garantir que a variação do nível da água não interferisse na análise, foram observadas as medidas obtidas na estação fluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA) em Campos dos Goytacazes. Portanto, as imagens utilizadas neste trabalho foram escolhidas para corresponder às mesmas medidas de nível de no rio. Foi possível perceber que entre 2005 e 2017 houve uma perda significativa na largura média do rio na ordem de 34,75 m e na área total na ordem de 2,26 km². Além disso, o satélite Sentinel-2 foi considerado satisfatório para os propósitos da metodologia utilizada neste estudo.

PALAVRAS CHAVE: Geomorfologia fluvial; Assoreamento; Sensoriamento remoto; Monitoramento ambiental; SIG.

ABSTRACT

The Paraíba do Sul is a Brazilian river of large extension that goes through several anthropic areas. Then, it has a great propensity to the morphological variation in its low course. The present research aimed to verify the occurrence of morphological modifications in the final 65 km of its course due to the geomorphological forces. It was used images from the Sentinel-2 satellite, from 2017, associated to the IBGE aerial survey carried out in the region in 2005. The images were used to classify, to vectorize and subsequently to obtain the quantification and spatialization of fluvial geomorphological processes. To ensure the variation of water level did not interfere in the analysis, the measurements obtained from the ANA (Brazilian Water Agency) fluviometric station in Campos dos Goytacazes were observed. So, the images used in this work were chosen to match the same water level measurements. It was possible to realize that between 2005 and 2017 there was a significant loss in the average width of the river in the order of 34.75 m and in the total area in the order of 2.26 km². Additionally, Sentinel-2 satellite was considered to be satisfactory for purpose of the methodology used in this study.

KEY WORDS: Fluvial geomorphology; Silting; Remote sensing; Environmental monitoring; GIS.



1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea, fortemente marcada pela intrincada relação do homem com a natureza, tem ampliado sua preocupação com o uso racional dos recursos naturais notadamente dos recursos hídricos. Nesse contexto, temáticas como uso do solo, erosão, captação de água e assoreamento vem sendo amplamente discutidas.

O assoreamento em particular é um fenômeno que ocorre em rios que sofrem intensos processos erosivos ao longo de seu curso. Ele acontece por meio de causas naturais, como o regime de chuvas e os ventos fortes, que transportam os produtos do intemperismo para os rios que, por conseguinte, irão transportar e depositar estes sedimentos em seus baixos cursos, onde a energia, logo a capacidade de transporte, é reduzida (GUERRA, 2005). Este processo pode ser intensificado pela ação humana, na medida em que as matas ciliares são removidas, favorecendo a dinâmica de erosão dos terraços, o que ocasiona a remoção do solo e rochas para os cursos dos rios (RODRIGUES, 2016).

A ausência de um monitoramento dos processos sedimentológicos, bem como da intensidade dos processos erosivos e deposicionais, no baixo curso do Rio Paraíba do Sul, representa um problema de gestão pública, que afeta o equilíbrio entre homem e natureza.

Entender a evolução do sistema deposicional é de grande importância para o contexto geomorfológico da paisagem, mas também, para outras áreas do conhecimento, envolvendo desde os aspectos físicos, que incluem os estudos hidrológicos e de engenharia, aos aspectos ecológicos, que atentam para a estrutura e funcionamento das comunidades biológicas.

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi realizada uma análise quali-quantitativa dos processos geomorfológicos-fluviais do rio, sendo esta análise dividida em dois momentos. Primeiro serão abordados princípios da dinâmica fluvial natural do rio Paraíba do Sul, buscando entender os processos fluviais naturais e, ainda, serão elencadas a natureza das principais intervenções realizadas neste curso, contribuindo para uma reflexão a cerca da diminuição do volume de água. Em seguida pretende-se propor a utilização de geotecnologias, para o monitoramento da dinâmica fluvial, notadamente para a diminuição do espelho d'água e o assoreamento decorrente da perda de capacidade de transporte, uma vez que as imagens de satélites auxiliam na compreensão das complexas relações entre homem e natureza (CARVALHO JÚNIOR, 2018)

Neste sentido, espera-se que este trabalho contribua para a discussão sobre o uso de ferramentas SIG como suporte ao diagnóstico ambientais e tomada de decisão dos agentes públicos, tais como, dos comitês de bacia, contribuindo para uma gestão integrada e responsável das mais variadas instituições que compõe o mosaico heterogêneo de uso dos recursos hídricos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização e localização

A bacia do Rio Paraíba do Sul possui área de drenagem de 62.074 km², se estendendo pelo estado de São Paulo (14.510 km²), Rio de Janeiro (26.851 km²) e Minas Gerais (20.713 km²), (CEIVAP, 2019). Uma vez que atravessa três estados, o Rio Paraíba do Sul é domínio federal. Devido a sua grande importância para manutenção de diversos empreendimentos como parques hidrelétricos, atividades mineradoras, indústrias e agropecuária, seus recursos necessitam de monitoramento frequente, visto que seu uso pode ocasionar diversos impactos na sua qualidade e quantidade disponíveis para abastecimento.

O rio nasce na serra da Bocaina, no estado de São Paulo, a 1.800 m de altitude, e deságua no norte fluminense, no município de São João da Barra, percorrendo uma extensão de aproximadamente 1.180 km. O seu baixo curso estende-se de São Fidélis/RJ à foz, com 95 km de extensão e declividade média de 0,22 m/km, atravessando a Baixada Campista, extensa planície litorânea (MARENGO e ALVES, 2005).

O trecho escolhido para o estudo se estende desde o limite municipal entre Campos dos Goytacazes e São Fidélis, nas coordenadas -41,53688° / -21,62133°, identificado na Figura 1 como o ponto A, até a foz no município de São João da Barra, nas coordenadas -41,04181° / -21,61933°, indicado como ponto B. O rio Paraíba do Sul, no trecho em questão, banha cinco municípios, sendo eles: São Fidélis, Cardoso Moreira, Campos dos Goytacazes, São Francisco do Itabapoana e São João da Barra. A extensão total do trecho delimitado entre os pontos A e B é de 65 km, sendo excluído o trecho final, do delta, para que a dinâmica costeira, provocada pela ação da erosão marinha não comprometesse a análise. A maior parte dessa extensão está localizada dentro dos limites municipais de Campos, correspondendo a aproximadamente 53 km da extensão total.

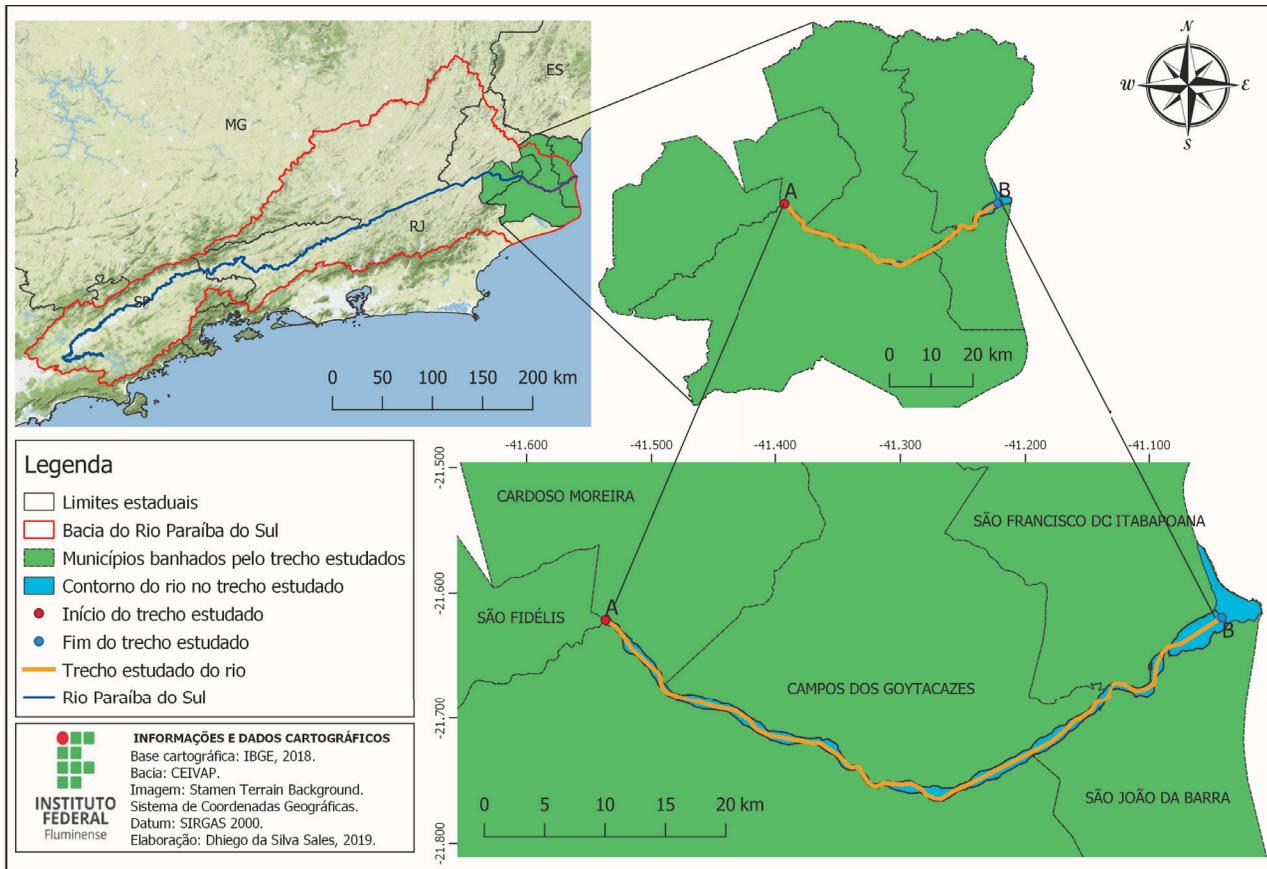


Figura 1 – Delimitação da área de interesse

Fonte: Elaborado pelos autores

2.2. Tipologia do canal no trecho de interesse

A heterogeneidade dos canais vem sendo amplamente estudada no campo da geomorfologia fluvial, tendo a nomenclatura destes, crescido de forma não sistemática, embora algumas dessas classificações tem se apresentando mais frequentemente. As quatro mais usuais são: retilíneo, anastomosado, meândrico e entrelaçado (LEWIN & ASHWORTH, 2014).

O geógrafo brasileiro, Guerra (2005), apresenta três classificações para os canais, sendo eles, canais retilíneos, anastomosados e meandrante. (i) Para os canais retilíneos o autor atribui condições de excepcionalidade na medida em que depende de condições específicas, tais como um embasamento rochoso homogêneo e às vezes associados a linhas tectônicas. O canal retilíneo também pode estar associado a ações antrópicas, que com o objetivo de aumentar o escoamento e promover uma melhor drenagem da região, tem sido muito utilizado em áreas urbanas e de baixada constantemente alagadas. O autor também classifica retilíneo como sendo um seguimento com extensão 10 vezes maior que a largura; (ii) os canais anastomosados são classificados como canais que se caracterizam por apresentar grande volume de carga de fundo que, conjugado

com as flutuações de descargas, ocasionam sucessivas ramificações, ou múltiplos canais que se subdividem e se reencontram, separados por ilhas assimétricas e barras arenosas; (iii) os canais meandrantes estão associados a áreas de baixa declividade onde a energia do fluxo de descarga de água é reduzida, típicos de regiões estuarinas. Apresentam condições de erosão específicas, sendo caracterizado pela zona de deposição na margem convexa (progradação das praias) e em áreas de degradação na superfície côncava.

Além da tipologia acima descrita é recorrente na literatura o canal entrelaçado. Este é definido como sendo rio permeado por ilhas e barras, decorrentes do assoreamento do material transportado em suspensão por suas próprias águas, e é caracterizado por apresentar pouca ou nenhuma mata ciliar no solo ao redor, pois a ausência ou baixo volume de raízes das plantas favorece a erosão, devido à instabilidade do solo exposto, sendo o produto desta erosão carregada para o rio (TEIXEIRA, 2009). Lorang & Hauer (2017), o descreve a partir de um processo que ocorre quando a capacidade do fluxo de transportar sedimentos é excedida pelo volume de sedimento sendo transportado como carga de leito, evidenciando perda da capacidade de transporte de sedimentos. As tipologias descritas podem ser observadas na Figura 2.



Figura 2 – Principais tipologias dos canais fluviais
Fonte: Teixeira (2009)

Acerca da fisionomia do curso fluvial do Rio Paraíba do Sul no trecho de interesse, o relatório da ENGEORP (2010) classifica a morfologia, como entrelaçada e com maior sinuosidade do que as regiões a montante (alto e médio curso), logo apresentando uma tendência meândrica associada. Pode-se observar que o rio apresenta diversas ilhas principalmente à jusante do perímetro urbano de Campos dos Goytacazes, corroborando para a classificação entrelaçada do canal. Na área urbana percebem-se os meandros, onde se observa a progradação das praias da margem convexa. Os diques produzidos pela ação antrópica, para o desenvolvimento da cidade, que se encontra nas margens do rio, impedem o processo de escavação da margem côncava dos meandros, fazendo assim que os mesmos não tendam a aumentar a sinuosidade. Em contrapartida a deposição na margem convexa do meandro, tende a promover um afunilamento do leito do rio.

2.3. Uso do solo, processo erosivo e produção de sedimentos.

A intervenção humana nas áreas adjacentes aos cursos dos rios, seja na construção de diques ou na remoção de cobertura vegetal nativa, em razão da expansão da atividade agropecuária, ou mesmo para a expansão das cidades, vem contribuindo para o processo de erosão acelerada. A impermeabilização do solo, em função do crescimento das cidades, atua no sentido de dificultar o processo de infiltração, o que acarreta no transporte de sedimentos para os corpos hídricos, que contribuirão para a deposição e consequente assoreamento (OLIVEIRA; BEZERRA, 2017).

A remoção da mata ciliar contribui para o processo de erosão que pode ocorrer de duas formas: (i) a erosão laminar, onde o escoamento difuso das águas pluviométricas

removem a camada superficial do solo, conduzindo-a para o curso d'água, ou (ii) pode ser erosão linear, quando as águas se concentram em linhas de fluxo, resultando em incisões na superfície do terreno, tendendo, neste contexto a ser muito mais agressiva e mudando a geomorfologia fluvial consideravelmente. As águas oriundas das chuvas representam o mais expressivo agente erosivo (MORAIS; SALES, 2017).

A questão dos assoreamentos nos rios está diretamente relacionada aos processos erosivos na medida em que é a erosão que fornece os materiais (sedimentos) que dão origem ao assoreamento. Quando não há energia suficiente para transportar o material erodido, este material é depositado (GUERRA, 2005). A erosão e o assoreamento trazem também como consequências uma maior frequência e intensidade de enchentes e alterações ecológicas, na medida em que o acúmulo de material no fundo do rio diminui o tirante hídrico do curso do rio, deixando-o vulnerável ao transbordamento quando ocorre uma elevação do volume de águas (ABDON, 2014).

Conforme relatório realizado pela COHIDRO (2014), o trecho de estudo representa área de grande potencial de erodibilidade, devido à baixa densidade vegetal nativa, que teria a capacidade de reter os sedimentos, diminuindo a erosão laminar oriunda das precipitações. Os fatores antrópicos desencadeiam um processo de desequilíbrio, sendo estes observados a partir do uso e ocupação do solo, como pode ser observado na Tabela 1.

Classes	Área (%)
Área Agrícola	9,60
Área não classificada	0,01
Área Urbanizada	5,03
Campos/ Pastagens	39,94
Corpo Hídrico	2,14
Floresta Estacional / Vegetação Arbórea Densa	5,53
Floresta Estacional / Vegetação Arbórea Esparsa	0,58
Floresta Ombrófila / Vegetação Arbórea Densa	11,55
Floresta Ombrófila / Vegetação Arbórea Esparsa	0,85
Florestamento / Reflorestamento	0,28
Restinga/ Mangue	1,07
Vegetação Arbórea Densa	10,62
Vegetação Arbórea Esparsa	12,80

Tabela 1– Uso do solo na bacia
Fonte: Adaptado de CEIVAP (2014)

A partir da análise da Tabela 1 é possível observar a predominância de Campos e Pastagens, na ordem de 40% da área total da bacia. Este tipo de ocupação é caracterizado pelo intenso antropismo e tem a predominância a vegetação herbácea. Este tipo de vegetação é responsável por grandes perdas de solo intensificando os processos erosivos ao longo da bacia, sendo o produto deste processo carregado pela ação, principalmente das chuvas, para os rios. Destaca-se ainda a compactação do solo oriundo do pisoteamento do gado, que resulta em uma menor capacidade de infiltração, logo um maior runoff.

Somadas as áreas florestadas e de vegetação observa-se a ocupação na ordem de 40%. Os processos erosivos são menos intensos em área com cobertura vegetal preservada, sendo sempre mais intensa em áreas desmatadas, pois a velocidade de escoamento é maior do que em áreas com cobertura vegetal, na medida em que a vegetação além de fornecer um obstáculo ao fluxo de água favorece a fixação do solo na encosta, além ainda, de permitir que a água infiltre, diminuindo assim à velocidade do fluxo superficial (RODRIGUES, 2016).

As áreas agrícolas formam a terceira grande classe, na ordem de 10%. Esta modalidade de uso do solo representa outra intensa intervenção antropogênica. As diferentes culturas apresentam formas distintas de suscetibilidade à erosão, mas também representa uma intensa modificação da paisagem e intensa produção de sedimentos.

Uma vez que em uma bacia hidrográfica os fluxos de água tendem a se direcionar para o curso principal, e, por conseguinte, para o exutório, todas as atividades a montante deste são importantes para o entendimento da dinâmica hidrológica da bacia como um todo. Neste sentido os dados apresentados indicam uma intensa atividade antrópica, materializada na atividade agropecuária, na ordem de 50% da área total, indicando que a bacia do Paraíba do Sul possui uma forte tendência a produção de sedimentos.

2.4. Geotecnologias, geomorfologia fluvial e modelagem computacional.

O monitoramento tanto hidrológico, a partir de medições in loco, quanto espacial, por meio de sensoriamento remoto e aerofotogrametria, tem papel relevante no diagnóstico das variações morfológico-fluviais. Neste sentido sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas com fotografias aéreas tem sido usado para diagnósticos de processos erosivos, uso e ocupação do solo, mapeamento de massas d'água, entre outros.

A atividade de mapeamento de modificações antrópicas em cursos de rios tem sido amplamente utilizada no

mundo. Langat et al. (2018) propõe a utilização de fotografias aéreas de alta resolução de 1975 e imagens do satélite Landsat de 2017 para estudo multitemporal da geomorfologia do rio Tana, no Quênia. Batalla et al. (2017) utilizou de imagens de alta resolução do Google Earth Pro, entre 2003 e 2016 para a caracterização do rio Ñuble no Chile.

No Brasil, o estudo da Coopetec (2013), que utiliza de modelagem computacional, por meio do modelo SisBaHiA, para realizar diagnóstico e prognóstico da intrusão salina no estuário rio Paraíba do Sul, utilizou de técnica de SIG (Sistema de Informação Geográfica), a partir das imagens do Google Earth Pro, para a obtenção dos contornos do rio e posterior implementação no modelo. O mesmo trabalho tendo identificado trechos de rio modificados, observa que o levantamento das ilhas tende a enriquecer modelo e sugere que estes dados sejam implementados em trabalhos futuros, validando assim a iniciativa deste trabalho.

Outras aplicações das geotecnologias em monitoramentos e prognósticos ambientais, diz respeito à estimação de variáveis fisiográficas e hidrológicas em bacias hidrográficas, tais como: altitude, declividade, área e perímetro da bacia, uso e ocupação do solo, construção do modelo digital de elevação, coeficiente de rugosidade (manning), isoietas de precipitação, tipos e textura de solo, densidade de drenagem, seções transversais, delimitação de bacias e construção vetorial da rede de drenagem. Todos estes dados são gerados a partir de ferramenta de geoprocessamento e pelo menos um deles (variando do modelo e aplicação) serve como entrada em modelos diversos. TAVARES et al. (2019), utilizou o modelo MOHID Land para verificar o desempenho de instalação de um reservatório para controle de cheias na Bacia do Rio Macaé, no Rio de Janeiro, sendo às variáveis de modelo digital de elevação, seções transversais, delimitação da bacia e rede de drenagem, coeficiente de manning e processos de infiltração a partir das cartas de uso e ocupação do solo e tipos de solo, estimadas com ferramenta de SIG.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho avalia as tendências hidrológicas do rio Paraíba do Sul e utiliza de técnicas de SIG, sendo necessário imagens históricas de alta resolução espacial para a vetorização do curso do rio e ilhas, com a finalidade de identificar a área do espelho d'água que foi decrescida do rio e as mudanças morfológicas no leito, que incluem o aumento do processo de sedimentação e deslocamento das margens. O processo de vetorização leva em consideração a interpretação visual do executante e pressupõe, além do conhecimento sobre

o ferramental de geoprocessamento, o conhecimento do local estudado. Por meio dessa vetorização é possível gerar mapas temáticos, extração de dados para operações estatísticas e informações de área do leito do rio preenchida pelo rio e ilhas. Todo o processo de vetorização e estatística foi realizado no software QGIS 3.8.0.

3.1. Séries históricas de vazão e nível

A fim de se avaliar quantitativamente as tendências hidrológicas de redução no rio, foram extraídas as séries históricas de vazão e nível, coletadas na estação fluviométrica da ANA em Campos dos Goytacazes (58974000), a partir do portal HidroWeb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>), entre os anos de 1990 e 2019. Para ambas as curvas foram estabelecidas uma linha de tendência linear, cujo objetivo é verificar o comportamento das variáveis hidrológicas de nível e vazão ao longo do tempo.

3.2. Determinação das datas de análise e sensor orbital

Para a escolha das cenas e garantia de que a variação do leito não corresponderia à sazonalidade do regime das chuvas (cheia e vazante do rio), foi estabelecido como parâmetro para escolha das cenas a proximidade das cotas médias do rio nas datas de interesse.

A primeira imagem escolhida é oriunda da campanha de aerolevantamento realizada pelo IBGE, entre junho e agosto de 2005, disponíveis no site oficial (<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/arquivos-raster.html>) e que possui uma resolução espacial de 0,7m, sendo cada foto na escala 1:25.000. A cota média registrada na estação da ANA, citada anteriormente, foi de 609 cm.

A segunda imagem a ser escolhida para comparação necessita ser atual e preferencialmente de alta resolução espacial, para o estabelecimento de uma comparação com maior riqueza de detalhes em relação a primeira imagem. A melhor opção seria uma imagem oriunda de aerofotogrametria, mas devido ao elevado custo associado a uma campanha com aeronave ou drone, esta não se apresenta como uma opção viável. Neste sentido uma opção viável seria o uso de sensores orbitais.

Dentre as opções mais recorrentes na literatura, destacam-se as imagens do Google Earth Pro, tal como o trabalho de Batalla et al. (2017), que apesar de alta resolução espacial, inferior a 1m, possuem a limitação de utilização para a grande extensão da área de estudo – 65 km – pois são utilizadas imagens de diferentes datas para compor o mosaico da região, o que inviabiliza a sua utilização para a metodologia imposta nesse trabalho, que necessita de

padronização de cota no ponto de controle. Outra limitação diz respeito à possibilidade de substituição das imagens do banco de dados do Google sem aviso prévio, o que impossibilita a reprodução do estudo a qualquer tempo.

A utilização de satélites se configura como a melhor opção para atendimento a metodologia apresentada, pois minimiza a problemática de se obter uma imagem com a mesma cota da primeira imagem, devido à frequência de revisita mensal, que varia conforme o satélite. Outro positivo dessa técnica se refere à área de cobertura de uma única cena ser de algumas dezenas de quilômetros, o que torna um estudo de geomorfologia fluvial viável, pois grandes extensões do rio estão inseridas na mesma cena, ou seja, a cena representa o rio sob as mesmas condições. Um ponto negativo associado a esta técnica se refere ao fato que em condições atmosféricas adversas, tais como a presença de nebulosidade, chuvas ou grande incidência de nuvens, a imagem não é aproveitada, pois não é possível alcançar os alvos na superfície (LIU, 2006).

Foram buscados os satélites disponíveis com imagens gratuitas e de alta resolução espacial, para uma equiparação com a imagem de alta resolução do IBGE. Uma opção amplamente difundida na literatura é o Landsat-8, tal como utilizado no trabalho de Langat et al. (2018). Este é um satélite bastante versátil e gratuito, o que o torna amplamente difundido para uma grande variedade de estudos. Possui uma resolução temporal de 16 dias e uma resolução espacial de 30 m, não sendo a melhor opção para quantificação de variações morfológicas devido ao erro associado à resolução espacial (cada pixel deste satélite possui 900 m²).

Devido à resolução espacial, este trabalho optou por utilizar o satélite Sentinel-2, cujas imagens são disponibilizadas de forma gratuitas no site Earth Explorer do Serviço Geológico Americano (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

A missão Sentinel-2, vinculado ao programa Copernicus, desenvolvido pela Agência Espacial Europeia (ESA), e é composta de 2 satélites (2A e 2B) defasados 180° na mesma órbita, o que permite uma revisita de 5 dias no equador. O satélite 2A foi lançado pela Comunidade Européia e a ESA, em junho de 2015 e 2B em março de 2017, estando os dois em operação. Este satélite é do tipo multiespectral e possui 13 bandas, as quais dispõem a seguinte distribuição de resoluções espaciais: 4 bandas de 10m, 6 bandas de 20m e 3 bandas de 60m, como descreve a Tabela 2 (ESA, 2015).

Bandas	Comprimento de onda central [µm]	Resolução [m]
B01 - Aerossol	0.443	60
B02 - Azul	0.490	10
B03 - Verde	0.560	10
B04 - Vermelho	0.665	10
B05 - Red Edge	0.705	20
B06 - Red Edge	0.740	20
B07 - Red Edge	0.783	20
B08 - NIR (Infravermelho próximo)	0.842	10
B08A - Red Edge	0.865	20
B09 - Vapor de água	0.945	60
B10 - Cirrus	1.375	60
B11 - SWIR	1.610	20
B12 - SWIR	2.190	20

Tabela 2 – Resolução espacial e espectral das 13 bandas
 Fonte: Adaptado de ESA (2015)

A data da imagem escolhida do satélite foi de 26/01/2017, que possuía uma cota média de 602 cm no dia da passagem do satélite, no ponto de controle. Esta data foi escolhida tendo em vista necessidade de se manter o nível médio do rio próximo ao nível da campanha do IBGE que foi de 609 cm.

3.3. Processamento das imagens orbitais

As imagens do Sentinel-2 são disponibilizadas como produto Top-Of-Atmosphere (TOA) no nível 1C (L1C) com correção radiométrica e geométrica no sistema de projeção UTM/WGS84 (ESA, 2015). Foi aplicada a correção atmosférica DOS1, DarkObjectSubtraction, cuja finalidade é a redução da influência da atmosfera na qualidade da imagem. Para etapa de pré-processamento, foi utilizado o plugin do SCP, Semi-AutomaticClassification, disponível no catálogo de complementos do QGIS.

A fim de se realizar a vetorização do leito do rio foi utilizada a técnica de classificação supervisionada, que consiste no agrupamento de pixels com assinaturas espectrais semelhantes, para identificação dos pixels que correspondem ao espelho d'água e ao contorno das ilhas. Para classificação este trabalho optou pela banda 8, infravermelho próximo. A escolha dessa banda se deu em função do comportamento do infravermelho na água tendendo a absorção, logo, uma menor reflexão na faixa do 0.842 µm. Este comportamento é ilustrado na Figura 3.

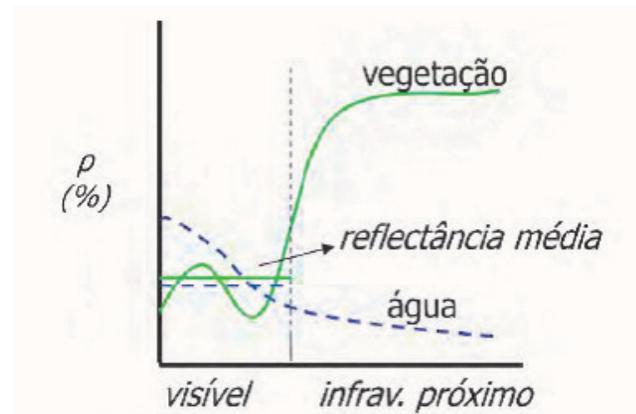


Figura 3 – Assinatura espectral da água e vegetação.
 Fonte: Meneses et. al. (2012).

Antes da escolha, foi realizado um experimento de utilização do índice NDWI (Normalized Difference Water Index), que foi concebido com a finalidade de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a determinação do limiar entre água e terra (vegetação terrestre e solos) (BRENNER e GUASSELLI, 2015) e pode ser obtido por meio de operações entre as bandas espectrais do verde e infravermelho próximo, conforme Mcfeeters (1996):

$$NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR) \quad (1)$$

O NDWI vem amplamente sendo utilizado em trabalhos de mapeamento de corpos hídricos (CARVALHO JÚNIOR (2018); MARTH, MOURA, KOESTER (2016); BRENNER, GUASSELLI (2015)), no entanto, neste trabalho, o resultado do infravermelho próximo se mostrou mais adequado para o monitoramento de pequenas variações morfológicas. Na Figura 4, pode-se observar que a resposta do NDWI apresenta pequenas variações na margem e no contorno das ilhas, ocasionando em erro de interpretação no sentido de diminuição do espelho d'água, talvez pelo fato da grande presença de material particulado e da pequena lâmina d'água associada nas margens do rio e ilhas. Uma vez que o infravermelho próximo é absorvido pela água, a resposta visual tende a ser bem mais coerente com a realidade, apresentando uma resposta satisfatória em pequenas profundidades e com intensa presença de material particulado. Segundo Meneses et al. (2012), a reflectância média da água é muito próxima na região do visível e são facilmente discriminadas na imagem do infravermelho próximo de um sensor multiespectral. Ainda destaca-se a interpretação visual do operador como sendo de vital importância ao êxito da análise.

Adicionalmente à análise acima descrita foi observada a composição colorida fornecida pelo software Google Earth Pro, na data de interesse, de forma a corroborar com

a escolha do infravermelho próximo. A interpretação visual da composição colorida associada à cena do satélite apresentou maior semelhança de contorno do infravermelho próximo que o NDWI.

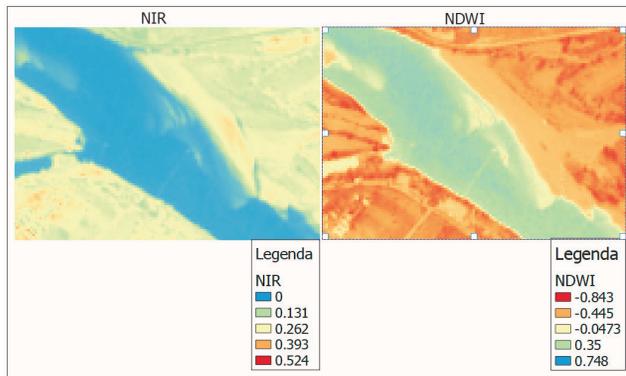


Figura 4 – Comparação NIR x NDWI.
Fonte: elaborado pelos autores.

3.4. Validação: Comparação Google Earth x Sentinel-2

A fim de validar o uso do satélite Sentinel-2, foram buscadas no software Google Earth Pro imagens de alta resolução que dispusessem da mesma cota do rio em uma data próxima do satélite.

Neste sentido, foi utilizada uma imagem do Google Earth Pro de 11/08/2016 (acessada em 02/12/2018) com uma cota do rio em 468 cm. Foi vetorizado no software de geoprocessamento QGIS um trecho de 8,3 km do rio, que corresponde a 12,7 % do curso total de interesse, constituindo assim um trecho de controle para validação.

A cena do Sentinel-2 escolhida para a comparação foi de 29/08/2016, sendo a cota do rio encontrada nesta data de 468 cm (mesmo valor da imagem do Google de 11/08/2016). A banda escolhida para vetorização do leito do rio foi a 8, com resolução espacial de 10 m e que corresponde ao infravermelho próximo – NIR (Near-infrared), de comprimento de onda central de 0,842 μm .

Após a classificação foi realizada a vetorização da imagem, no mesmo trecho, referente à imagem do Google Earth Pro utilizada, sendo obtidos os valores conforme Tabela 3.

Foi possível observar que a vetorização da imagem do Google Earth Pro apresentou uma área de 3,433 km^2 , enquanto à imagem do Sentinel-2, apresentou uma área de 3,49 km^2 resultando em uma diferença de 1,69%. A sobreposição dos contornos das duas imagens associadas à baixa diferença descrita resultou na validação da imagem do satélite Sentinel-2 para a metodologia proposta.

	Data	Nível (cm)	Área vetorizada (km^2)
Google Earth Pro	11/08/2016	468	3,433
Sentinel-2	29/08/2016	468	3,491
	Diferença		1,69%

Tabela 3 – Validação da imagem do Sentinel-2 a partir da imagem do Google Earth Pro
Fonte: elaborado pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Tendências hidrológicas

O perfil altimétrico da região de Campos dos Goytacazes é modesto e plano, sendo de origem geológica recente. O volume de água ocupado regularmente no rio Paraíba do Sul, tem decrescido ao longo do tempo, fruto principalmente, das diversas obras de intervenção antrópica a montante. Conforme Marengo e Alves (2005),

a bacia do rio Paraíba do Sul tem sido palco para a implantação de uma série de aproveitamentos de usos múltiplos da água (...) dentre as possíveis causas desta redução sistemática nas vazões e cotas do Paraíba do Sul, temos: (a) efeitos antropogênicos de uso da água para abastecimento e geração de energia, com a construção de barragens e açudes; (b) desvio de rios para usos na agricultura e que pode aumentar a evaporação; (c) mudanças no uso da terra que pode afetar todo o ciclo hidrológico; (d) mudanças gradativas no canal do rio devido à sedimentação e deposição de sedimentos que podem não ter sido considerado no momento de calcular vazões usando a curva chave; e, finalmente, (e) mudanças gradativas no regime e distribuição de chuvas na bacia, decorrentes de mudanças climáticas regionais (MARENGO e ALVES, 2005, p3-4)

Os autores apresentam as diversas possibilidades de alterações na bacia, que irão implicar na diminuição no fluxo de água. Há de se notar que a maior parte das razões diz respeito a ações antropogênicas, sendo a gestão integrada das bacias hidrográficas uma ação que vai além dos limites municipais ou divisas estaduais.

As Figuras 5 e 6 representam as curvas de nível e vazão e suas respectivas linhas de tendência linear. Em ambos os casos foram identificadas tendências de redução, notadamente a partir de 2012.

Corroborando com esta tese, o estudo de Barroso et al. (2019) descreve a influência direta da vazão no processo de salinização da foz, estabelecendo um vínculo entre a intrusão salina e a diminuição da vazão no rio. Os autores

apresentam que o fluxo sustentável de vazão na foz do rio Paraíba do Sul, para manter uma condição de equilíbrio se-riar de 567.45 m³/s. Ao se observar as tendências de vazão (Figura 3), especialmente a partir de 2012, é possível observar

que as vazões se encontram na média sempre abaixo do limiar de 500 m³/s, e os picos superiores a este limiar são refe-rentes a sazonalidade dos regimes pluviométricos, que no clima tropical, estão no período de verão (período de cheia).

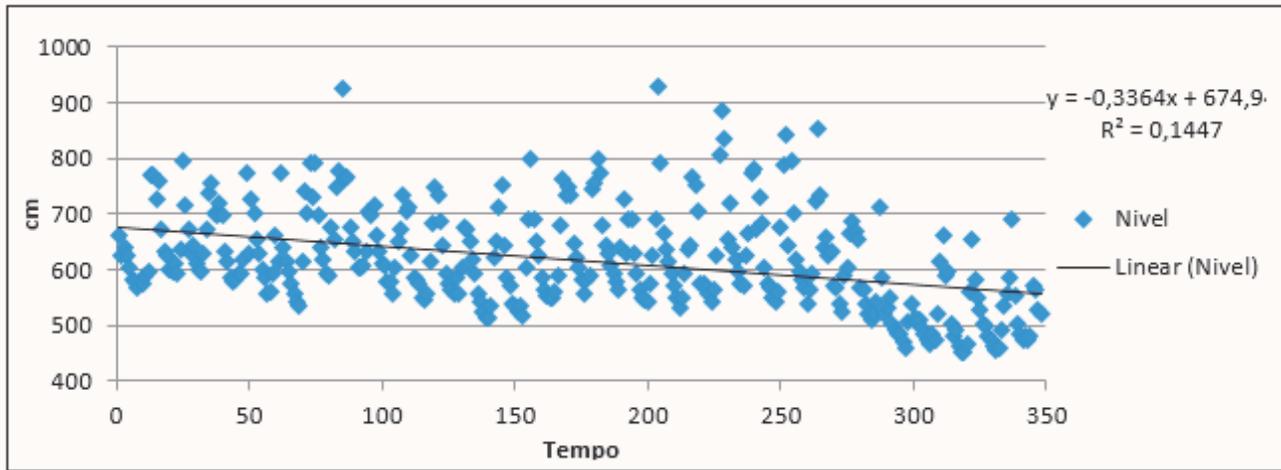


Figura 5 – Evolução do decréscimo dos valores de nível do Rio Paraíba do Sul, coletados na estação fluviométrica da ANA, em Campos dos Goytacazes, entre 1990 e 2019.
Fonte: Elaborado pelos autores

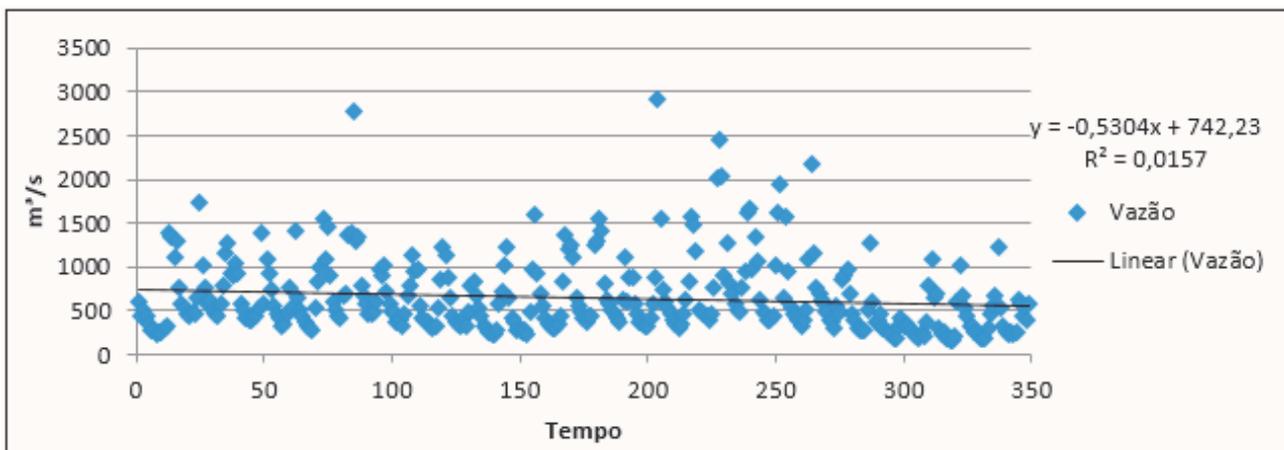


Figura 6 – Evolução do decréscimo dos valores de nível do Rio Paraíba do Sul, coletados na estação fluviométrica da ANA, em Campos dos Goytacazes, entre 1990 e 2019.
Fonte: Elaborado pelos autores

Os pontos mais elevados, em ambos os gráficos, representam a sazonalidade do regime de chuvas na extensa bacia do Rio Paraíba do Sul, entretanto as maiores concentrações de pontos indicam uma tendência de queda, tal como, evidencia a linha de tendência linear.

A partir desses dados, é possível observar uma forte tendência à diminuição do volume de água no rio, implicando na possibilidade de levar o curso à exaustão se não forem buscadas alternativas para as sucessivas intervenções no rio.

4.2. Variações morfológicas ocorridas entre junho de 2005 e janeiro de 2017

Após validação da imagem do Sentinel-2 para observação de pequenas variações na geomorfologia fluvial, foi realizada a vetorização de todo o trecho de 65 km, representando na Figura 1, tanto a partir da imagem do aerolevantamento do IBGE, quanto do Sentinel-2.

As datas e cotas médias são expressas na Tabela 4.

Fonte da imagem	Data	Nível (cm)
Aerolevanteamento do IBGE	Jun a ago/2005	609
Sentinel-2	26/01/2016	602

Tabela 4 – Condições de cota no período de análise
 Fonte: elaborado pelos autores.

A tentativa de se obter a mesma cota média evidenciou a diminuição do volume do rio. A Tabela 4 mostra que a obtenção de cotas semelhantes se deu em épocas diferentes do ano, onde o inverno (aerolevanteamento do IBGE) representa o período de vazante do rio devido à baixa pluviosidade e o verão (imagem do Sentinel-2) representa o

período de cheia devido à alta pluviosidade. Uma vez que a equiparação das cotas se deu em estações do ano diferentes e as curvas históricas mostram a mesma tendência, é possível inferir uma diminuição do volume total do rio.

A perda de volume do rio está associada à perda da capacidade de transporte, que além dos processos estuarinos de intrusão salina, também representam um problema de gestão de recursos hídricos associados à disponibilidade hídrica ao longo de seu curso, bem como aos processos sedimentológicos.

A vetorização do leito do rio e a sobreposição dos contornos nos permitem observar consideráveis variações geomorfológicas no curso do rio, conforme evidencia a Figura 7.

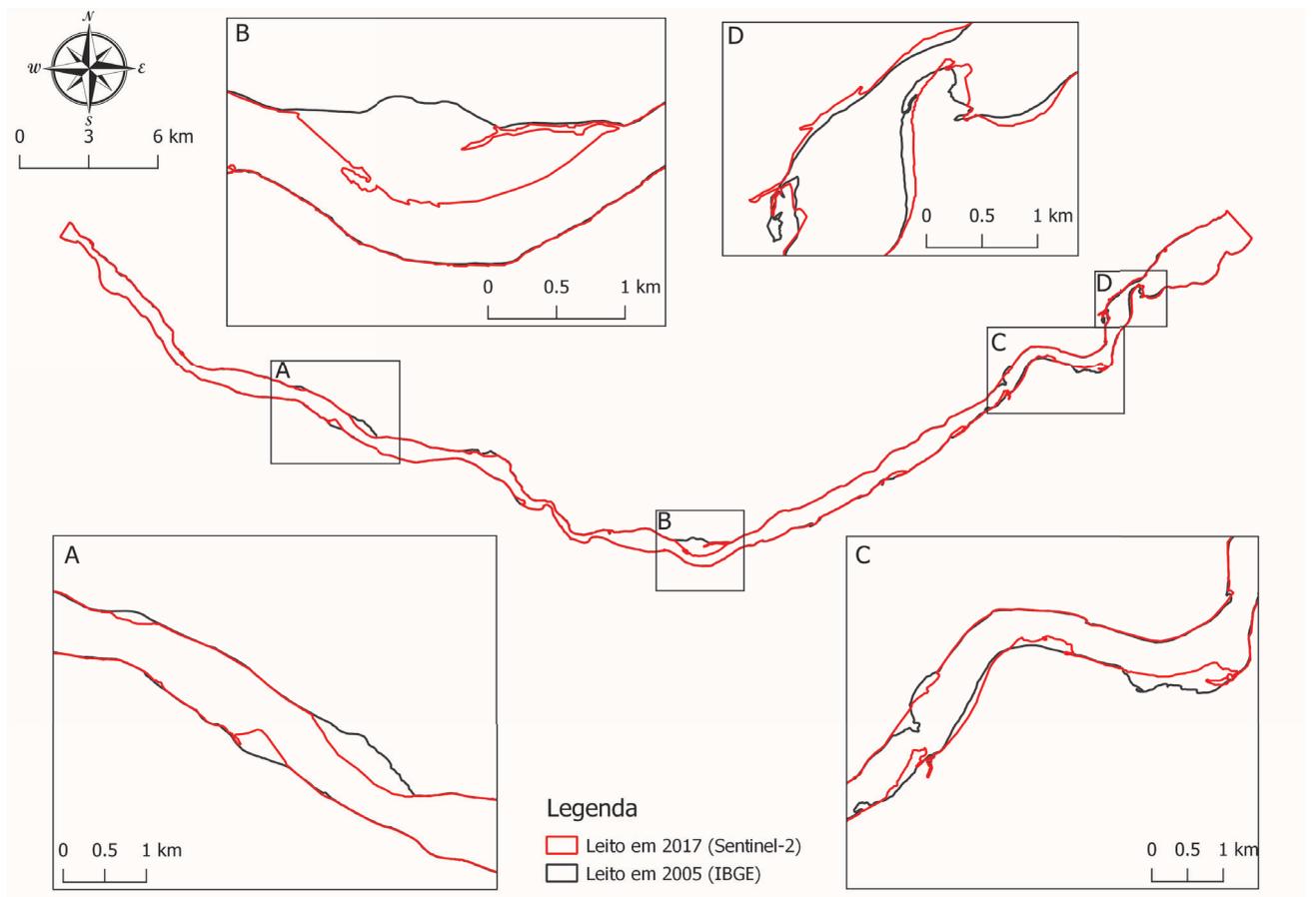


Figura 7 – Variações morfológicas no trecho de interesse entre os anos de 2005 e 2017.
 Fonte: elaborado pelos autores.

Estas variações refletem espacialmente as modificações que ocorreram e continuam ocorrendo na morfologia do rio Paraíba do Sul, ao longo dos últimos 12 anos. É possível, por meio de ferramentas de geoprocessamento, realizar a quantificação dessas mudanças, sendo estas expressas conforme a Tabela 5.

Variações morfológicas	Jun a Ago/2005	26/01/2017	2017/2005 (Absoluto)	2017/2005 (%)
Área total das ilhas (km ²)	16,30	14,30	-2,00	-12,27%
Área total do leito do rio (km ²)	49,92	47,66	-2,26	-4,53%
Largura média (m)	766,84	732,09	-34,75	-4,53%

Tabela 5 – Estatísticas das variações morfológicas no trecho de interesse entre os anos de 2005 e 2017.
 Fonte: elaborado pelos autores.

No que se refere à largura média no trecho estudado, a Tabela 5 apresenta uma perda de 34,75m ou 4,53%, facilmente observada na espacialização das variações morfológicas expressas na Figura 7, onde é possível notar que o contorno indicado como sendo do ano de 2017 se encontra quase sempre inserido no contorno referente ao ano de 2005. Esse afunilamento demonstra espacialmente essa perda de largura média no rio.

A partir desse afunilamento é possível observar que o rio está gradativamente perdendo área, sendo quantificado neste estudado o valor de 2,26 km², expresso na Tabela 5, que representou a área de espelho d'água que foi decrescida em 2017, quando comparada com 2005.

Outro dado de relevância diz respeito ao processo de incorporação de ilhas às margens do rio. Este comportamento pode ser observado no ponto B da Figura 7, que representa uma ilha que existia em 2005, mas que foi incorporada a margem devido à redução do volume de água, possivelmente ocasionada pela ação antrópica no sentido de intensificação do uso da água. O valor de 2 km², expresso na Tabela 5, referente a perda de área das ilhas, são ocasionadas pelas incorporações destas a margem.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho evidenciou significativas mudanças na geomorfologia fluvial do baixo curso do rio Paraíba do Sul, onde foi possível perceber, que entre os anos de 2005 e 2017, houve perda significativa na largura média do rio na ordem de 34,75m e na área total na ordem de 2,26 km². Estes dados são de relevância e contribuem para o diagnóstico dos processos geomorfológicos do rio Paraíba do Sul. Recomenda-se para trabalhos futuros o comparativo com outros métodos para confrontação desses valores, uma vez que não há dados para comparação disponível na literatura.

A utilização das imagens do satélite Sentinel-2, mostrou-se eficaz no processo de monitoramento e quantificação da dinâmica geomorfológico fluvial do rio Paraíba do Sul, configurando-se como uma ferramenta de baixo custo para subsidiar ações de gestão dos comitês de bacias hidrográficas. Foi possível espacializar e quantificar as modificações na geomorfologia fluvial, aonde ilhas vêm sendo incorporadas às margens, o leito principal está perdendo largura e as ilhas restantes estão aumentando extensão ao longo de seu curso.

Do ponto de vista hidrológico, este trabalho fez uma breve discussão sobre a diminuição das vazões, e, por conseguinte, da capacidade de transporte do rio a partir da série histórica (1990 – 2019) medidos na estação fluviométrica da ANA, no município de Campos dos Goytacazes.

Trabalhos prévios no rio como o de Morengo e Alves (2005) e Barroso et al. (2019) identificaram essa tendência de queda na vazão, onde o segundo associou a intrusão salina, temática estratégica para o comitê de bacia, a diminuição da vazão no rio.

No que se refere ao nível à série histórica observou (1990 – 2019) uma tendência significativa de redução a partir de 2012, indicando uma perda de volume no rio. Um estudo mais detalhado de caráter de disponibilidade hídrica, transposição, captações, associado às tendências de precipitação na bacia pode indicar as causas.

Especificamente sobre o processo de sedimentação, a metodologia utilizada nesta pesquisa não se mostrou conclusiva, deixando para um próximo trabalho a iniciativa de quantificação dos processos sedimentológicos. Não há a princípio evidências conclusivas de que a progradação da margem convexa dos meandros a o alongamento das ilhas sejam oriundas diretamente de um processo de assoreamento crescente ou se apenas ocorreu uma redução do espelho d'água devido ao aumento da captação a montante.

REFERÊNCIAS

- ABDON, M. M. **Os impactos ambientais no meio físico, erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do Rio Taquari, MS**. 2014. 319p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos: USP.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, Portal HidroWeb**. Disponível em: < <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>> Acesso em: 5 de dezembro de 2018.
- BARROSO, G. L.; SILVA, L. B. C.; OLIVEIRA, V. P. S. *Analysis of the correlation between salinity and environmental variables in the estuary of the Paraíba do Sul river – Brazil*. In RODRIGUES, T. A.; LENDRO NETO, J.; GALVÃO, D. O. (org). **As ciências do mar em todos os seus aspectos**. 1ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, p. 103-117.
- BATALLA, R. J; IROUMÉ, A; HERÁNDEZ, M; LLENA, M.; MAZZORANA, B; VERICAT, D. **Recent geomorphological evolution of a natural river channel in a Mediterranean Chilean basin**. *Geomorphology*, v. 303, p. 322-337, 2018.
- BRENNER, V. C.; GUASSELLI, Laurindo Antônio. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS–Brasil. In: **ANAIS XVII SIMPÓSIO**

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, v. 25, 2015.

CARVALHO JÚNIOR, O. A. **Aplicações e perspectivas do sensoriamento remoto para o mapeamento de áreas inundáveis**. Revista de Geografia (Recife), v. 35, n. 4, 2018.

COHIDRO. Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio paraíba do sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes, **r3-b: relatório de diagnóstico**. CEIVAP, Rio de Janeiro, 226 p, 2014.

COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (CEIVAP). **Dados ambientais**, 2019. Disponível em: < www.ceivap.org.br/dados-gerais.php>. Acesso em: 26 de junho de 2019.

COPPETEC (Fundação Coppetec, Laboratório de Hidrologia). Plano estadual de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro, r3-b: temas técnicos estratégicos, rt-07 – **estudos de avaliação de intrusão salina**. Governo do Estado do Rio de Janeiro/Secretaria de Estado do Ambiente/INEA, Rio de Janeiro, 75 p, 2013.

ENGEORPS. **Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul**, R 02 – Coleta de Dados Engecorps - Brasília: ANA, SUM, 2010. 285p.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Sentinel-2 User Handbook**. 2015. 64p. Disponível em: < https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook>. Acesso em: 21 de dezembro de 2018.

GUERRA, A. J. T. (org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 6.ed. Bertrand Brasil: 2005. 472p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Ortofotos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/arquivos-raster.html>> Acesso em: 23 de setembro de 2018.

LANGAT, P. K.; KUMAR, L.; KOECH, R. **Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques**. *Geomorphology*, v. 325, p. 92-102, 2019.

LEWIN, J., & ASHWORTH, P. J. **Defining large river channel patterns: Alluvial exchange and plurality**. 2014. *Geomorphology*, 215, 83-98.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.

LORANG, M. S.; HAUER, F. R. *Fluvial geomorphological processes*. In: **Methods in Stream Ecology, Volume 1 (Third Edition)**. 2017. p. 89-107.

TAVARES, LUIZA PAULA DA SILVA ; LUGON JÚNIOR, JADER

; RODRIGUES, P. P. W. ; KALAS, F. A. ; WASSERMAN, J. C. . *Reservoir Implantation for Flood Dampening in the Macaé River Basin Using the MOHID Land Model*. *CIÊNCIA E NATURA*, v. 41, p. 1-10, 2019.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. **Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 20, n. 2, p. 215-226, 2005.

MARTH, J. D.; MOURA, N. S. V.; KOESTER, E. **Localização e mapeamento de áreas úmidas na Sub-bacia hidrográfica Arroio Santa Isabel, através do método NDWI**. Geografia (Londrina), v. 25, n. 1, p. 23-41, 2016.

MENESES, P. R. et al. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. v. 11, 2012. Brasília, DF: Universidade de Brasília– CNPq.

McFEETERS, S. K. (1996). **The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features**. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425-1432.

MORAIS, R. C. S; SALES, M. C. L. **Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica**. Caderno de Geografia, v. 27, n. 1, p. 84-105, 2017.

OLIVEIRA, T. C. E.; BEZERRA, M. C. L. **Manejo Sustentável da Água no Meio Urbano: O Caso de Brasília**. In: Anais [do] ENSUS 2017 - V Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Florianópolis: UFSC/ VIRTUHAB, 2017. v. 1. p. 1-1702

RODRIGUES, J. P. S. **Avaliação da qualidade ambiental urbana na bacia hidrográfica do Córrego das Lajes em Uberaba (MG)**. 2016. 127p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia: UFG.

TAVARES, L. P. S.; LUGON JR., J.; RODRIGUES, P. P. W.; KALAS, F. A.; WASSERMAN, J. C. **Reservoir Implantation for Flood Dampening in the Macaé River Basin Using the MOHID Land Model**. *CIÊNCIA E NATURA*, v. 41, p. 1-10, 2019.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 557p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **Earth Explorer, Sentinel-2**. Disponível em: < <https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em: 30 de novembro de 2018.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6541-4720>

DHIEGO DA SILVA SALES | Instituto Federal Fluminense | Graduado em Geografia - IFF / Mestrando em Engenharia Ambiental – IFF | Endereço: Rua Antuerpio Soares Young, 109 – Residencial Kopenhagen, Apto 102, Jardim Flamboyant, Campos dos Goytacazes/RJ - CEP: 28015-220 | e-mail: dhiego.sales@outlook.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5981-0345>

VICENTE DE PAULO SANTOS DE OLIVEIRA, PhD. | D.Sc. Eng. Agrícola- UFV | Instituto Federal Fluminense | Endereço: Rua Visconde de Itaboraí, 561 - Cond. San Remo casa 52 Parque Rosário Campos dos Goytacazes – RJ | e-mail: vsantos@iff.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8030-0713>

JADER LUGON JUNIOR, PhD. | Modelagem Computacional | Instituto Federal Fluminense | Endereço: Rua Maria D'Angelo Magliano, 159 bloco 7 apto 302 | e-mail: jlugon-jr@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SALES, Dhiego da Silva; OLIVEIRA, Vicente de Paulo Santos de; LUGON JUNIOR, Jader. Geotecnologias como Suporte ao Diagnóstico da Dinâmica Geomorfológico-Fluvial do Baixo Curso do Rio Paraíba do Sul. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 91-103, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.91-103>.

DATA DE ENVIO: 04/10/2019

DATA DE ACEITE: 15/01/2020

ENERGIA EÓLICA AEROTRANSPORTADA: UMA REVISÃO DA TECNOLOGIA

A REVIEW OF TECHNOLOGY AIRBORNE WIND ENERGY

ANNY KEY DE SOUZA MENDONÇA, Dra. | UFSC

ANTONIO CEZAR BORNIA, Dr. | UFSC

RESUMO

Energia Eólica Aerotransportada ou Airborne Wind Energy (AWE) é uma tecnologia inovadora de energia renovável que utiliza dispositivos de energia eólica em vez de turbinas eólicas convencionais que aproveitam a energia cinética do vento que sopram em altitudes elevadas acima do solo e são capazes de se manter no ar através de forças aerostáticas ou aerodinâmicas. Com o objetivo de tornar a energia eólica mais barata e viável em um número maior de localidades, esta tecnologia vem sendo alvo de um número crescente de pesquisas nos últimos anos. Este artigo fornece uma revisão das diferentes tecnologias que estão sendo investigadas como uma alternativa para a exploração do fluxo de energia eólica em alta altitude, com ênfase especialmente nos aspectos relacionados aos protótipos desenvolvidos por universidades e empresas, destacando os resultados alcançados.

PALAVRAS CHAVE: Energia eólica; Energia eólica aerotransportada; Protótipos; Patentes

ABSTRACT

Airborne Wind Energy is an innovative renewable energy technology that uses wind power devices instead of conventional wind turbines that take advantage of kinetic energy from the wind blowing at high altitudes above ground and are able to stay in the air through aerostatic forces or aerodynamic. With the goal of making wind energy cheaper and viable in a larger number of locations, this technology has been the target of a growing number of surveys in recent years. This article provides a review of the different technologies that are being investigated as an alternative to the exploration of the wind energy flow in high altitudes, with emphasis in the aspects related to the prototypes developed by universities and companies, highlighting the results achieved.

KEY WORDS: Wind energy; Airborne wind energy; Prototypes; Patents



1. INTRODUÇÃO

A energia na sociedade é explicada em face da constante expansão da economia mundial e do crescimento populacional. A energia é uma das entradas fundamentais para o desenvolvimento econômico de um país e o bem estar humano. As fontes de energia evoluíram ao longo do tempo, e para atender a grande demanda, fontes fósseis são amplamente utilizadas.

A energia através da força da água, do vento, da energia do sol, do carvão, petróleo, gás natural entre outros são utilizadas atualmente para geração de energia elétrica (IEA, 2015). Recentemente um grande esforço vem se fazendo para reduzir o uso de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural, como forma de evitar o aumento do aquecimento global e seu impacto nas mudanças climáticas (IPCC, 2014; IEA, 2015). Por esta razão, a geração de energia através de fontes alternativas vem ganhando cada vez mais espaço no mundo inteiro, ocupando progressivamente uma fatia maior na matriz energética. Entre elas está a energia eólica, cujo potencial global estimado excede a produção mundial de energia elétrica do ano de 2012 (IPCC, 2012).

Segundo Archer e Jacobson (2005); Archer e Caldeira (2009), a energia eólica global tem potencial para atender a demanda de energia do mundo, e estudos indicam que, em camadas mais elevadas da atmosfera, quase todas as localidades no mundo apresentam potencial energético significativo.

Em 2017 a capacidade global de energia eólica instalada alcançou 539.581 MW, representando um crescimento de mercado de mais de 10,5%, com forte crescimento para a indústria de transformação (GWEC, 2018).

No início de 2018, o número de países com mais de 1.000 MW de capacidade instalada eram 27, sendo 15 na Europa; 5 na Ásia e Oceania (China, Índia, Japão, Coreia do Sul e Austrália); 3 na América do Norte (EUA, Canadá e México) e 3 na América Latina (Brasil, Chile e Uruguai). Deste total, somente nove países tinham mais de 10.000 MW da capacidade instalada, incluindo China (188.232 MW), EUA (89.077 MW), Alemanha (56.132 MW), Índia (32.848 MW), Espanha (23.170 MW), Reino Unido (18.873 MW), França (13.759), Brasil (12.763) e Canadá (12.239) (GWEC, 2018).

O Brasil, que possui uma matriz energética que conta com a participação de 70% de fontes renováveis, sendo 62% atribuída à fonte hidrelétrica, vem passando por uma escassez de energia devido à falta de água nas usinas hidrelétricas (ANEEL, 2018). Alterações climáticas importantes tem causado diminuição no nível de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas e, em situações extremas, termelétricas são acionadas para suprir a demanda de

eletricidade. Para não perder sua posição de destaque no cenário mundial, em relação ao uso de fontes renováveis, políticas de incentivo tem ocasionado um rápido aumento da indústria de energia eólica.

A energia eólica no Brasil está se expandindo rapidamente, nos últimos 8 anos, e é a fonte de energia que mais cresce nas participações dos leilões de energia, contribuindo com cerca de 8,04% de toda a capacidade de energia elétrica do país. Hoje o Brasil possui 521 parques eólicos instalados com 12.798 MW de potência outorgada, 116 parques eólicos em construção com 2.611 MW de potência e outros 91 parques eólicos com 1.977 MW de potência cujas construções ainda não iniciaram (ANEEL, 2018).

No entanto, as localidades com ventos adequados na altura das torres para a instalação de novos parques eólicos num cenário mundial, são limitadas. Para contornar essa limitação, torres eólicas cada vez mais altas tem sido construídas (IEA, 2013), conseguindo assim, explorar ventos mais fortes e frequentes nas camadas mais altas da atmosfera. Infelizmente, estudos apontam que esse aumento das torres deve torná-las economicamente inviáveis, devido ao alto custo de material, transporte e montagem que essas grandes torres e suas hélices acarretam (FAGIANO, 2009).

Nesse contexto, a tecnologia inovadora de exploração de energia renovável denominada *Airborne Wind Energy* têm sido estudada. Esta tecnologia utiliza dispositivos aéreos que aproveitam a energia cinética do vento em altas altitudes e são capazes de se manter no ar através de forças aerodinâmicas ou aerostáticas, vem sendo pesquisada como uma alternativa para contornar essas dificuldades.

Essa nova tecnologia, encontra-se atualmente em fase de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em universidades e empresas como uma alternativa viável para a maior exploração do potencial eólico em alta altitude e deve atingir o mercado num futuro próximo (ZILLMANN e HACH, 2014). Vários grupos de pesquisas universidades/empresas, estão trabalhando em aspectos tecnológicos diferentes, incluindo controle de pouso e decolagem, eletrônica embarcada e projetos mecânicos.

Este artigo fornece uma visão geral dos conceitos da tecnologia AWE, as diferentes configurações do sistema, os protótipos desenvolvidos por universidades e empresas e as patentes aplicadas.

2. MÉTODO

Esta pesquisa fez uso de dados de patentes obtidos do banco de dados da *Derwent Innovations Index da Web of Science - WoS*. A *Derwent Innovations Index* é

uma ferramenta de pesquisa de patentes que combina o *Derwent World Patents Index* com o *Derwent Patents Citation Index* para classificar patentes de acordo com a área de tecnologia. Este estudo realizou uma pesquisa por palavras-chave, conforme mostra a Tabela 01, para os termos que aparecem em TS = Tópico, não estabelecendo tempo, portanto, a análise abrangeu o período disponibilizado pelo Portal de Periódicos da Capes que abrange o período entre 1963 e o presente dia.

Palavras-chave de pesquisa de patentes	Expressão
	TS=(<i>"Airborne Wind Energy OR "Airborne Wind Power" OR "High Altitude Wind Energy" OR "High Altitude Wind Power" OR "Kite wind generator" OR "kitewindenergy" OR "Crosswindkite" OR "Airborne Wind Turbine" OR "FlyingElectricGenerator" OR "Kite power" OR "Kite energy" OR "Pumping kite" OR "Kitemodel" OR "Kite-Based Wind Energy" OR "kite wind power" OR "Kite-Powered System" OR "Kitetowedship" OR "crosswindtowing" OR "flyingkite"</i>)
Nº de patentes	298

Tabela 01 – Resultados da pesquisa de patentes nos bancos de dados do Derwent Innovations Index.
Fonte: Autores.

Com essa estratégia de pesquisa foram encontrados 298 patentes que estavam alinhados com o tema e eram favoráveis para a análise. A análise foi facilitada pelo uso do *software Network Analysis Interface for Literature Review (NAIS)* que utiliza funções estatísticas e de análise de rede, oferecendo uma visão geral dos conjuntos de dados de patentes recuperados da *Derwent da Web of Science*.

3. ENERGIA EÓLICA AEROTRANSPORTADA

O campo de pesquisa com *Airborne wind energy* tem atraído muito interesse nos últimos anos (CHERUBINI et al. 2015), estimulado principalmente pela redução drástica de materiais e por extrair energia de ventos de alta velocidade em altitudes maiores que as turbinas convencionais, podendo assim, aproveitar ventos mais fortes e estáveis (AHRENS et al., 2014a).

De um modo geral, a velocidade do vento aumenta à medida que a altitude de operação aumenta (ARCHER e JACOBSON, 2005; ARCHER e CALDEIRA, 2009). Os dispositivos AWE operam em altas altitudes, sendo inalcançáveis por turbinas eólicas convencionais de eixo horizontal (CHERUBINI et al. 2015; FAGIANO e MILANESE, 2012). Estes dispositivos, têm mais graus de liberdade que as turbinas eólicas convencionais, graças ao fato de estarem presas ao solo por meio de cabos flexíveis, em vez de torres rígidas (FAGIANO, 2009).

Vários estudos propõem geração de energia eólica por meio de dispositivos aéreos e nos últimos anos diversos protótipos de sistemas inovadores para aproveitar o fluxo de vento em altas altitudes foram construídos e patenteados.

De acordo com Milanese et al. (2006) o conceito de geração de energia em alta altitude, refere-se ao uso de aerofólios para extrair energia do vento em altas altitudes. Os aerofólios em voo (genericamente designado pelo termo "pipas") são acionado por uma unidade de controle automático, capaz de controlar diferentemente os cabos para influenciar o movimento da asa e otimizar a conversão de energia eólica em energia elétrica ou mecânica.

Esta tecnologia apesar de ser intensivamente estudada, ainda não possui produtos comerciais disponíveis, no entanto, pesquisas e investimentos significativos estão sendo feitos. Um panorama sobre o estado da arte da tecnologia AWE foi publicado por (AHRENS et al., 2014a; CHERUBINI et al., 2015). Mendonça et al. (2017) fez uma comparação da literatura científica com as patentes desenvolvidas para obter maiores informações sobre o estado da arte da tecnologia AWE. Schmehl (2015a) desenvolveu um mapa, apresentando as 62 instituições de pesquisas envolvidas em P&D nesta área.

Esta tecnologia tem apresentado um número crescente de protótipo que num futuro próximo se aproxima da fase de desenvolvimento de mercado (ZILLMANN e HACH, 2014). No entanto, de acordo com Lellis et al. (2016) ainda não há um consenso entre à comunidade científica e a indústria de qual das abordagens para geração de energia é mais promissora em termos de eficiência, viabilidade econômica e tecnológica, escalabilidade e confiabilidade.

3.1. Conceitos básicos

A ideia da tecnologia de energia eólica com aerofólios cabeados é gerar energia elétrica explorando ventos em altitudes elevadas com estruturas simples, leves e com baixo custo, de forma a ser competitiva com a tecnologia convencional baseada em torres suportando turbinas de eixo horizontal.

De acordo com Fagiano et al. (2010a), nas torres eólicas convencional, 20% da superfície na ponta da hélice contribuem com 80% da potência elétrica gerada. Isso ocorre porque a velocidade tangencial da ponta da hélice é maior e conseqüentemente a velocidade efetiva do vento é maior na parte externa da hélice. Esta é uma informação importante, dado que a energia extraída cresce com o cubo da velocidade efetiva do vento. Portanto, a torre e a estrutura interna das hélices não contribuem significativamente para a geração de energia, servindo basicamente para manter a ponta da hélice suspensa no ar e girando com velocidade.

Para superar as principais dificuldades que surgem com o aumento de tamanho e massa de uma torre eólica convencional, o paradigma da energia eólica com dispositivos cabeados se propõe a eliminar os elementos estruturais que não estão diretamente envolvidos na geração de energia (ZANON et al., 2014).

Desta forma, para entender o conceito de energia eólica com aerofólios cabeados, pode-se imaginar remover toda a estrutura volumosa de uma torre de um aerogerador eólico convencional mantendo apenas a extremidade das hélices, a qual se deslocaria no ar como se fosse um aerofólio cabeado que voa rapidamente na presença do vento (FAGIANO et al., 2010a).

A ideia é substituir as torres das turbinas eólicas por cabos, e as hélices por aerofólios cabeados como uma pipa ou uma asa de avião. Pode-se ainda substituir as hélices por um balão, cujo papel é sustentar um gerador embarcado. O aerofólio é conectado ao solo por um ou mais cabos cujo papel é transferir a energia para o solo, seja mecânica, quando o gerador está no solo, ou elétrica, quando o gerador está embarcado. Os aerofólios conseguem extrair energia do vento em altitudes elevadas onde o vento é mais forte e mais frequente, e isto é inacessível para as turbinas eólicas convencionais. A Figura 01 apresenta o conceito básico da tecnologia AWE.

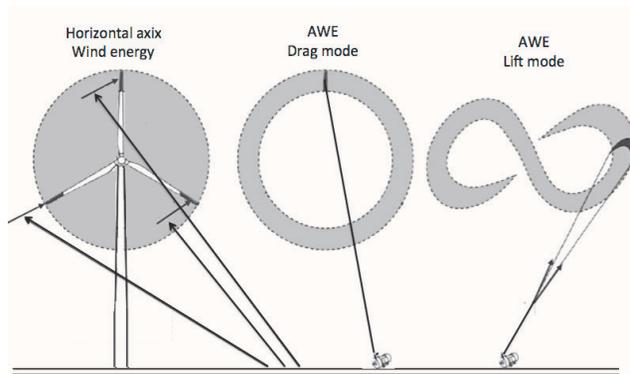


Figura 01 – Conceito básico da tecnologia AWE
Fonte: (FAGIANO et al., 2010b), p169.

O conceito da tecnologia AWE foi introduzido na década de 80 por Loyd (1980) com a pesquisa intitulada *Crosswind kite power*. Nela, Loyd descreveu dois modos de gerar energia elétrica por meio da tecnologia AWE: o **lift mode** com geradores posicionados no solo em modo de sustentação, e o **drag mode** com geradores suspensos em modo de arrasto. Loyd (1980) é considerado por autores como (DIEHL, 2001; OCKELS, 2001; CANALE et al., 2006) como o precursor das pesquisas envolvendo a tecnologia AWE. Porém, foi somente a partir de 2007 que a tecnologia AWE teve um novo impulso com as

pesquisas desenvolvida por (ROBERTS et al., 2007; CANALE et al., 2007a; ILZHOER et al., 2007; CANALE et al., 2007b; WILLIAMS et al., 2008; ARGATOV et al., 2009; ARGATOV e SILVENNOINEN, 2010; CANALE et al., 2010; FAGIANO et al., 2010b).

De acordo com Loyd (1980); Cherubini et al. (2015) os sistemas AWEs podem ser classificados como:

- 1) sistema com gerador em solo - (modo de sustentação), neste sistema a energia elétrica é produzida no solo por meio de trabalho mecânico feito pela força de tração, transmitida do aerofólio para o gerador em terra através de um ou mais cabos, que produzem um movimento rotacional que faz o gerador trabalhar. Esta classificação, pode ser diferenciada entre dispositivos de estação fixa ou móvel no solo.
- 2) sistema com gerador suspenso - (modo de arrasto), neste sistema a energia elétrica é produzida no aerofólio e é transmitida ao solo através de um cabo especial com dupla finalidade: manter o aerofólio em altura controlada e acomodar cabos elétricos que transmitem a energia. Os sistemas com geradores suspensos produzem energia elétrica continuamente durante a operação, exceto durante as manobras de decolagem e pouso, em que energia é consumida.

4. CONFIGURAÇÕES DO SISTEMA

Com intenção de gerar energia limpa e a um baixo custo de geração, instituições de pesquisas e empresas envolvidas em P&D com a tecnologia AWE vêm investigando várias alternativas. Em geral, as diferentes soluções encontradas podem ser classificadas de várias formas, por exemplo, pelo tipo do aerofólio, número de cabos de força e de comando do aerofólio e a localização do gerador (no aerofólio ou no solo). Pode-se também classificar as diferentes soluções através de como as componentes 'força de sustentação' e 'força de arrasto', provocadas pelo vento aparente no aerofólio, são exploradas na geração de energia. A Figura 02 ilustra algumas soluções baseadas no Modo de Sustentação (lift mode) e no Modo de Arrasto (drag mode).

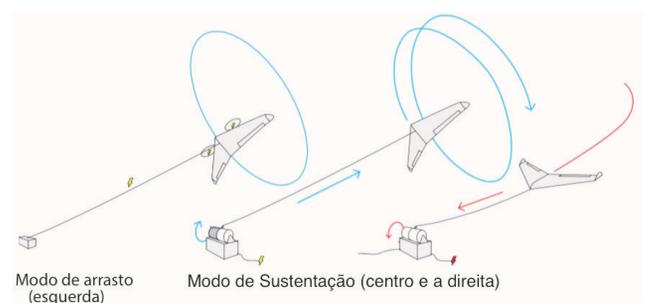


Figura 02 – Possíveis configuração do sistema AWE.
Fonte: (SCHMEHL, 2018), p 3.

4.1. Modo de Sustentação

Na configuração em modo de sustentação, um aerofólio é preso através de um cabo de comprimento variável a um sistema eletro-mecânico no solo (fixo ou móvel) responsável por gerar energia elétrica. Para maximizar a tração no cabo, e conseqüentemente a potência extraída do vento, o aerofólio é controlado para executar manobras num plano aproximadamente perpendicular à direção do vento, o que caracteriza as chamadas manobras de vento cruzado. A força de tração no cabo depende da velocidade do vento e da velocidade com que o aerofólio cruza o fluxo de vento. Várias estruturas usando aerofólios cabeados têm sido propostas na literatura, algumas delas discutidas por (AHMED et al., 2012; CHERUBINI et al., 2015). No modo de sustentação, entre as diversas formas de estrutura mecânica, associadas às diferentes formas de conversão da força do cabo em torque no eixo do gerador, pode-se mencionar três abordagens principais: a configuração *Pumping Kite*, a configuração com Múltiplos-Aerofólios e a configuração em Carrossel.

4.1.1. Configuração *Pumping Kite*

A configuração mais estudada na geração de energia através de aerofólios cabeados é a configuração *Pumping Kite*. Nessa configuração o aerofólio é conectado ao solo através de um cabo de comprimento variável, enrolado num tambor, cujo eixo é conectado ao gerador. Com o afastamento do aerofólio pelo vento o cabo é desenrolado, provocando o giro do tambor e do gerador, gerando assim energia. Além disso, de modo a evitar o acúmulo de torção no cabo, uma trajetória do tipo "oito deitado"(∞) é utilizada. Note que, uma trajetória circular também poderia ser utilizada, se for usada um destorcedor de cabo. O aerofólio percorre essa trajetória com velocidade muito maior que a do vento, o que permite aumentar de forma marcante a eficiência no aproveitamento da energia dos ventos.

Ao se atingir o comprimento máximo do cabo a geração de energia é interrompida, reconfigura-se o aerofólio para reduzir ao máximo a tração no cabo e o aerofólio é recolhido gastando-se uma pequena parte da energia gerada. Assim que o aerofólio é trazido ao ponto de partida (comprimento inicial do cabo), o aerofólio é novamente reconfigurado para aumentar a tração no cabo e a fase de geração é reiniciada. A energia produzida na fase de geração menos a energia gasta na fase de recolhimento é a energia que efetivamente o sistema *Pumping Kite* consegue fornecer. Este ciclo de tração e recolhimento do aerofólio é conhecido como operação *pumping kite*. A Figura 03 apresenta um sistema operando no modo de sustentação na configuração *pumping kite*.

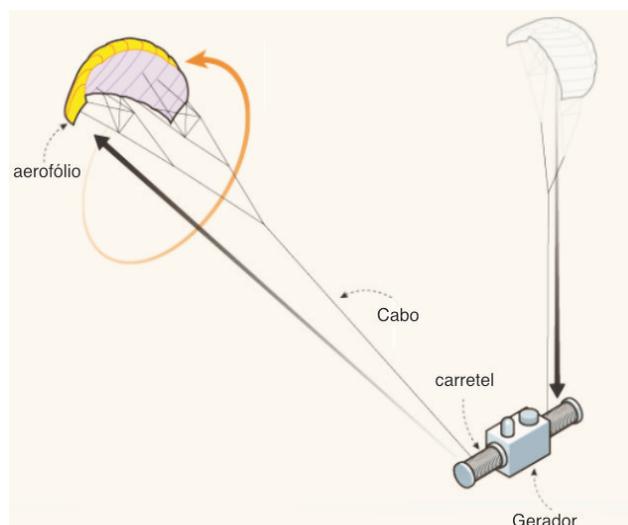


Figura 03 – Princípio de funcionamento do sistema *pumping kite*.
Fonte: (AHRENS et al., 2014a), p 404.

O interesse pelo sistema *Pumping Kite* deve-se provavelmente ao seu conceito simples, com uma estrutura eletromecânica de geração simples, contando com apenas o aerofólio para movimentar a estrutura. Além disso, o custo de um sistema *Pumping Kite* é atrativo (DE LELLIS et al., 2016) quando comparado com outras configurações, como carrossel ou múltiplos aerofólios discutidos a seguir. Isto torna mais fácil e menos onerosa a construção de protótipos de pesquisa dessa tecnologia.

A Figura 04 mostra uma estrutura com uma unidade de geração conectada a dois tambores por meio de embreagens operando em modo *pumping kite*. Enquanto um aerofólio está na fase de geração, o outro está na fase de recolhimento, podendo assim gerar energia continuamente (WEBSTER, 2018).

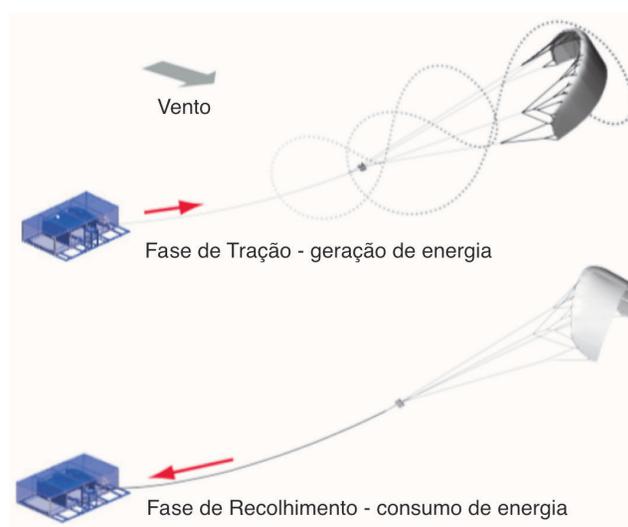


Figura 04 - Conceito de *Pumping kite* com dois aerofólios em modo complementar para geração contínua de energia.
Fonte: (Webster, 2018).

As principais variantes dessa configuração estão relacionadas ao tipo de aerofólio utilizado. Eles podem variar por exemplo, no número de aerofólios (simples ou múltiplos), número de cabos que chegam ao solo, à sua rigidez (rígido ou flexível), e a localização dos geradores nesse caso é sempre no solo. A configuração *Pumping Kite* também pode ser implementada com o uso de Múltiplos Aerofólios fixados no mesmo cabo de conexão com a unidade de geração no solo. A Figura 05 apresenta esta configuração.



Figura 05 - Conceito de aerofólio cabeada com configuração em anel empilhado.
Fonte: (READ, 2018a) p. 517.

A ideia é similar à de uma turbina com várias hélices. Esta abordagem, apesar de interessante, possui algumas dificuldades relacionadas ao controle de trajetória conjunta dos aerofólios, pois evitar a possibilidade de choque entre os aerofólios e as manobras de decolagem e pouso se tornam tarefas mais complexas. Mais informações sobre arranjos com múltiplos aerofólios podem ser encontrados em (HOUSKA e DIEHL, 2007), assim como em (SEQUOIA, 2014; READ, 2018b). A ideia de usar aerofólios para gerar energia em várias configurações é coberta por um número grande de patentes (MENDONÇA et al., 2017).

4.1.2. Configuração em Carrossel

Na configuração em carrossel, vários aerofólios são fixados sobre os braços de um sistema mecânico de rotação acoplado a um gerador com rotor de eixo vertical, como mostra a Figura 06.

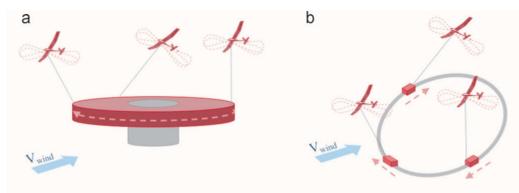


Figura 06 - Modo de sustentação com sistema móvel - configuração carrossel.
Fonte: (CHERUBINI et al., 2015) p.1463.

Nesta configuração, a geração de energia ocorre com o movimento rotativo do carrossel e necessita de um sistema de controle coordenado e sincronizado que evite colisões entre os aerofólios, assim como na estrutura baseada com vários aerofólios. A configuração em carrossel é coberta pelas patentes (AHRENS, 2006, 2007; IPPOLITO e TADDEI, 2007; IPPOLITO, 2012; WOO e WOO, 2014) e desenvolvida pela empresa italiana *Kite Gen Research* (KITEGEN, 2016) e pela empresa alemã NTS (NTS, 2014).

4.2. Modo de Arrasto

A configuração em modo de arrasto consiste em um aerofólio cabeado com um ou mais geradores embarcados, ligado ao solo por um cabo especial que, além de manter o aerofólio em trajetória desejada, possui cabos elétricos embutidos responsáveis pela transmissão da energia gerada para o solo, como apresentada na Figura 07.

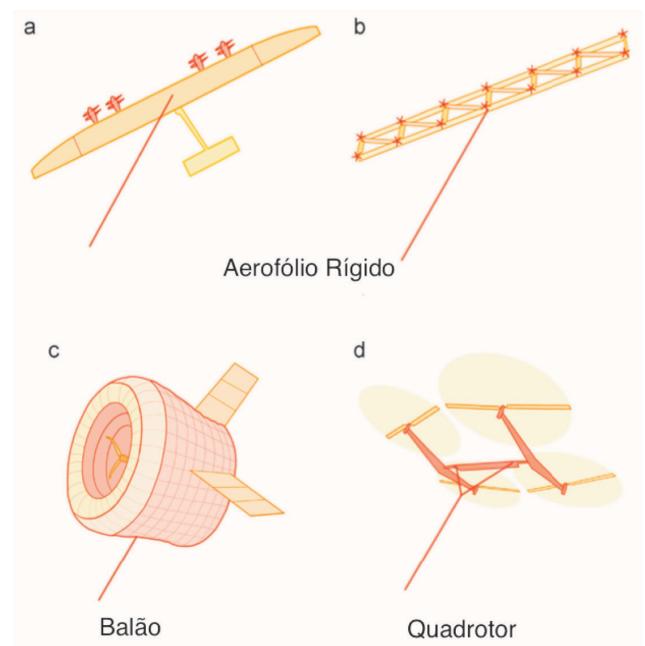


Figura 07 - Sistemas AWE com geradores embarcados.
Fonte: Adaptado de (Cherubini et al., 2015), p1470.

O aerofólio é mantido suspenso no ar pela força de sustentação enquanto a energia é gerada pela força de arrasto, como no caso das turbinas eólicas convencionais, onde o aerogerador é mantido suspenso pelo uso de uma torre e a geração de energia ocorre pela força de empuxo na turbina.

Os aerofólios usados na exploração do modo de arrasto para gerar energia podem ser uma asa, que em geral são rígidas para poder sustentar o gerador embarcado. As unidades de geração apresentadas na Figura 07 mostram diferentes soluções. No item a, o aerofólio consiste de uma asa rígida com quatro turbinas, protótipo da

empresa *Makani Power Inc*, enquanto no item b, duas asas rígidas e turbinas são utilizadas, projeto da *Joby Energy, Inc*. No item c, um balão inflado com hélio é utilizado para manter o gerador suspenso numa certa altura com turbina eólica no centro, projetada pela *Altaeros Energies Inc*. Já no item d, um sistema similar a um quadrotor é utilizado num modo de operação diferente dos anteriores conhecido como modo de empuxo do rotor.

5. PROTÓTIPOS EM DESENVOLVIMENTO

Vários projetos com a tecnologia AWE estão sendo pesquisados e desenvolvidos, mas até este momento nenhum projeto operacional foi apresentado ao mercado. No entanto, de acordo com Diehl (2018), o desenvolvimento tecnológico da energia eólica em alta altitude esta bem avançada, e muitas pessoas trabalham com sucesso em tópicos que variam desde a modelagem e otimização de sistemas até as questões práticas relacionadas ao design e implementação no mundo real e suas implicações econômicas.

A seguir serão apresentados protótipos desta tecnologia em modo de sustentação e arrasto desenvolvidos por empresas e universidades.

5.1. Protótipos em Modo de Sustentação

O grupo de pesquisa *Kite Power Systems Ltd* da Universidade Tecnologia de Delft (TU Delft) seguiu com os trabalhos desenvolvido pelo astronauta holandês e professor universitário Wubbo Johannes Ockels que patenteou em 1997, o *Laddermill*. A equipe trabalha com aerofólios cabeados com quatro cabos (VLUGT et al., 2014) e uma unidade de controle embarcada apresentada na Figura 8, item a. Dois cabos no bordo de fuga do aerofólio são conectados à unidade de controle embarcada e são utilizados para o controle de voo. Os outros dois cabos, conectados ao bordo de ataque do aerofólio, se juntam a um cabo principal na altura da unidade de controle. Este cabo principal (cabo de tração) liga o aerofólio ao solo e transmite a força de tração extraída do vento para a unidade de geração no solo. Esta equipe de pesquisa tem aplicado várias patentes, na qual o primeiro aspecto diz respeito a pipa, compreendendo a asa, um controlador que pode ser configurado para gerar sinais de controle para controlar a disposição do atuador que pode mudar as orientações no bordo de ataque e no bordo de fuga do aerofólio (HORNZEE-JONES e HAMPTON, 2014a). Dentre este e outros inventos, desenvolveram também um guincho com um tambor rotativo em torno de seu eixo que é um guia para controlar o enrolar e o desenrolar do cabo em torno do tambor (HORNZEE-JONES e HAMPTON, 2014b).

A empresa italiana *Kite Gen Research Srl* surgiu a partir de pesquisas feitas na Politecnico di Torino, uma das universidades mais atuantes em pesquisa com a tecnologia AWE (MENDONÇA et al., 2017). *Kite Gen* é a empresa com maior número de aplicação em patentes. Desenvolveu um sistema *pumping kite* que usam dois cabos principais (IPPOLITO, 2006) ou até três para controlar o aerofólio com diferenças de comprimento dos cabos (CANALE et al., 2007b). De acordo com Ahrens et al. (2014a), *Kite Gen* foi uma das primeiras empresas a testar um protótipo de *airborne wind energy* em modo sustentação. A empresa também têm aplicação de patentes com um sistema eólico para converter energia compreendendo pelo menos um perfil de asa integrando eletrônica embarcada e sensores sendo controlado por dois cabos (IPPOLITO, 2006; IPPOLITO e TADDEI, 2006). Desenvolveu um processo para controlar automaticamente o voo (IPPOLITO, 2006) e um controle automático do voo (MILANESE et al., 2006). Entre estas e outras pesquisas com desenvolvimentos de patentes, têm desenvolvido uma Infra-estrutura offshore flutuante para uso de energia eólica (IPPOLITO, 2015). A empresa, tem intenção de atingir 3 MW de potência com o protótipo "*KiteGen Stem*" (KITEGEN, 2016) que pode ser visto na Figura 08, item b.



Figura 08 - Protótipos com aerofólios cabeados em modo de sustentação.
Fonte: a) KitePower (VLUGT et al., 2014), b) KiteGen (KITEGEN, 2016), c) KitEnergy (KITENERGY, 2018) d) UFCKite (LELLIS et al., 2016) e) SKYSAILS (SKYSAILS, 2014).

Também fundada a partir de pesquisas na universidade *Politecnico di Torino*, a empresa *Kitenergy Srl* desenvolveu e está testando um protótipo com 60 KW de potência nominal (KITENERGY, 2018). A empresa tem algumas patentes aplicadas. Em Milanese e Gerlero (2010) apresentam um sistema de energia eólica aerotransportada com geração em solo empregando um único motor ou motor/gerador responsável pelo controle de enrolamento e desenrolamento dos cabos e um atuador para fornecer uma ação de controle diferencial dos cabos. Em Fagiano e Milanese (2011), apresentaram um AWES por meio do voo de perfis de asa cabeadas e conectadas ao solo por cabos de comprimento fixo, sem fases passivas, e com adaptação automática às condições de vento. O aerofólio, ilustrado na Figura 8, item c, está ligado ao solo por dois cabos encaixados em dois tambores conectados à uma unidade de geração.

O grupo de pesquisas em Aerofólios Cabeados para Energia Eólica (UFSCkite) da Universidade Federal de Santa Catarina realiza investigações teóricas e experimentais com a tecnologia AWE. Seu primeiro protótipo, utiliza um aerofólio flexível de 3 m² e foi construído para fins de teste de sensoriamento, processamento embarcado e controle de voo, sem geração de energia. Este protótipo está operacional, como ilustra a Figura 8, item d. O segundo protótipo em desenvolvimento pelo grupo de pesquisa, utiliza um aerofólio flexível de 17 m² operando em modo *Pumping Kite* com uma estação no solo que utiliza um gerador de 12 KW (LELLIS et al., 2016). Duas unidades deste protótipo foram construídas e estão sendo testadas em laboratório para posterior testes de geração em campo.

A empresa alemã *Skysails GmbH SKYSAILS* (2014) fundada em 2001, utiliza aerofólios como fonte alternativa de propulsão de navios, como apresentado na Figura 8, item e. A ideia é usar a força de tração obtida com os aerofólios para ajudar na propulsão dos navios (WRAGE e BÖHM, 2004; WRAGE e MULLER, 2004), dessa forma economizando combustível fóssil. Os aerofólios são do tipo *Foil*, também chamados de aerofólio flexível com uma estrutura de célula aerodinâmica que é inflada pelo vento. A empresa comercializou esse sistema, e conseguiu automatizar o controle de voo, lançamento e a recuperação do aerofólio (WRAGE e BRABECK, 2006). *SkySails* é uma das empresas com grande número de patentes aplicadas. Entretanto, devido à crise econômica enfrentada nos últimos anos, a *SkySails GmbH* declarou falência em março de 2016, como parte do grupo corporativo *SkySails* e foi dissolvida em de abril do mesmo ano. No entanto, uma empresa sucessora, o *SkySails Group GmbH* continuou a operar sem restrições (INSOLVENZPORTAL, 2018).

A empresa *Ampyx power B.V* desenvolveu dois protótipos de aeronaves de asa rígida com 2 MW denominados AP-3 e AP-4 e esta registrando-os com as autoridades de aviação (*the European Aviation Safety Agency - EASA*) como aeronaves. A *Ampyx Power* exportou do protótipo AP-3 parte da arquitetura do drone e do sistema de lançamento e aterrissagem para o protótipo AP-4. O sistema converte energia eólica em energia mecânica por meio da aeronave controlada por piloto automático (RUITER-KAMP, 2012B; RUITERKAMP, 2012a) criando tração em um cabo por padrões repetitivos de vento cruzado a uma altitude de 200 a 450 m (KRUIJFF, 2017a,b,c; RUITERKAMP et al., 2015). A empresa planeja nos próximos anos, otimizar o protótipo para exploração comercial.

A empresa americana *WindLift* usa veículos aéreos não tripulados cabeados para gerar eletricidade. A empresa possui três patentes aplicadas, Métodos e sistemas de aerofólio cabeado (CREIGHTON e MIZZI, 2016), Cabo (STOUGH e AULL, 2016b) e um Sistema de freio rotativo híbrido para distribuição de carga, permitindo liberdade de rotação (STOUGH e AULL, 2016a). A empresa recebeu financiamento do Exército e do Corpo de Fuzileiros Navais dos EUA.

O projeto *SwissKitePower* foi desenvolvido através da colaboração de quatro instituições de pesquisas sediada na Suíça, FHNW, EMPA, ETH e EPFL. Primeiro, um demonstrador de tecnologia *Kite Power* foi projetado e construído pela FHNW para provar a viabilidade do conceito. Com o objetivo de criar uma pipa otimizada para produção de energia, um novo projeto de pipa foi desenvolvido na *Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology - EMPA*. Este novo projeto consiste de uma nova estação terrestre com três guinchos que podem ser usados para testar de 1 até 3 cabos. A *Federal Politechnique of Zurich - ETH* trabalhou na automação do sistema com foco na geração de energia totalmente autônoma. A *École Polytechnique Fédérale de Lausanne - EPFL*, tem trabalhado no desenvolvimento de modelos dinâmicos de pipas e na otimização das trajetórias de voo. Desde 2014 o FHNW está trabalhando em colaboração com a empresa *TwingTec AG*.

A tecnologia desenvolvida pela *TwingTec AG* é uma asa rígida que combina a leveza de uma asa de *kite surf* com as propriedades aerodinâmicas e estruturais do planador. A empresa desenvolveu uma plataforma móvel composta por uma estação terrestre, os dispositivos de levantamento aerodinâmico e o sistema de controle. A estação terrestre feita com uma estrutura de alumínio leve, pode ser fixada na traseira de um caminhão facilitando o transporte para testes (LUCHSINGER et al., 2018). A *TwingTec AG* obteve permissão da BAZL (*the Swiss equivalent of the Federal Aviation Administration (FAA)*) para cinco locais diferentes de testes em diferentes

partes da Suíça, onde podem voar entre 150m e 300m acima do solo dependendo do local (LUCHSINGER et al., 2018). Em 2014 com parceria com a TU Delft, começaram a realizar testes de voo em Valkenburg, na Holanda (LUCHSINGER et al., 2018).

A empresa *EnerKite GmbH* sediada na Alemanha esta testando uma plataforma móvel de asa rígida denominado EK30, um sistema de potência de pipa de 30 kW totalmente funcional, baseado na tecnologia de asa de ram-air (GMBH, 2018a). A empresa patenteou um sistema de asas cabeadas para a conversão de fluxo de energia em energia elétrica (Bormann et al., 2012), o sistema usa uma asa rígida controlada por três cabos conectado a um gerador em solo. O gerador portátil esta montado em cima de um caminhão (GMBH, 2018a).

A empresa *Kitemill AS*, assim como a *Wind Lift*, a *TwingTec* e a *EnerKite* estão testando protótipo com asa rígida. A empresa testou aerofólio flexível mas, optou por asa rígida devido à sua durabilidade e controlabilidade (CARNEL e HARKLAUL, 2015).

O sistema de energia eólica da *e-kite* consiste de uma asa ultraleve que é conectada com um cabo a uma estação terrestre (E-KITE, 2018). A empresa e-Kite construiu uma estação terrestre de 50 kW (Schmehl, 2015b).

A empresa Alemã *NTS Energie-und Transportsysteme GmbH* fundada em 2006 por Uwe Ahrens trabalha com a tecnologia *X-Wind*. A tecnologia *X-Wind* utiliza *Kites* e geradores direcionados automaticamente em altitudes entre 100 e 500m utilizando uma linha férrea oval para puxar carrinhos rolantes continuamente. Cada carrinho é equipado com um gerador para converter sua energia cinética em eletricidade (AHRENS et al., 2014b; GMBH, 2018b).

A empresa *KPS energy* fundada em 2011 e sediada no Reino Unido esta testando um sistema com dois aerofólios cabeados que voam em alta altitude, aproximadamente (1,500m). Os aerofólios são presos por cabos a um sistema de guinchos que aciona o gerador em solo. O sistema desenvolvido pela empresa pode ser visto na Figura 04. A Tabela 02, apresenta uma lista de Empresas e ou Grupos de pesquisas com conceitos diferentes de exploração da tecnologia AWE no modo de sustentação e que podem ser subclassificados em termos de, localização dos atuadores de voo, tipo de aerofólio, posição do gerador, números de cabos e faixa de potência.

Empresas/Grupos de pesquisa	Aerofólio	Localização dos atuadores de voo	Nº de cabos	Classe de Potência
KitePower TUDelft	Flexível	Suspensão	1	KW
Kite Gen Research S.r.l.	Semi-rígido	Solo	2	KW
Kite Gen Research S.r.l. - Carousel	Semi-rígido	Solo	2	MW/GW
Ampyx Power B.V	Rígido	Suspensão	1	KW/MW

WindLift	Flexível	Solo	3	KW
SkySails Group GmbH	Flexível	Suspensão	1	KW/MW
Swiss Kite Power 1	Flexível	Suspensão	1	KW
TwingTec AG	Rígido	Suspensão	2	KW
EnerKite GmbH	Ambos	Solo	3	KW
Swiss Kite Power 2	Flexível	Solo	3	KW
Kitemill	Rígido	Suspensão	1	KW
UFSCkite com geração	Flexível	Suspensão	1	KW
e-kite	Rígido	Solo	2	KW
Kitenergy S.r.l.	Flexível	Solo	2	KW
NTS GmbH	Flexível	Solo	4	-
KPS energy	Flexível	solo	1	KW

Tabela 02 - Características dos protótipos que operam no modo de sustentação.
Fonte: Adaptado de (CHERUBINI et al., 2015), (FAGIANO e MILANESE, 2012) e (SARAIVA et al., 2014).

A Tabela 03 apresenta uma lista de patentes aplicadas pelas empresas.

5.2. Modo de arrasto

A Figura 09 apresenta os protótipos de sistemas AWE em modo de arrasto das empresas Makani Power, Joby Energy, Altaeros Energy, Sky Wind Power e Magenn Power.



Figura 9 - Protótipos em modo de arrasto.
Fonte: a) Makani power (Makani, 2014), b) Joby energy (JOBYENERGY, 2018), c) Altaeros energy (Altaeros, 2015), d) Sky windpower (SKYWindPower, 2016), e) Magenn power (Power, 2018) and f) Omnidea (Pardal and Silva, 2011).

Depositário	Número da Patente	Classificação Internacional de Patentes
Kite Power Systems Ltd	US20170313415A1; US20170320711A1; US20170297701A1; US20170313415A1; GB201803335D0; GB201703337D0	B64C31/06; B66D1/365; B64C31/06; B64C31/06
Kite Gen Research Srl	US8080889B2; US8539746B2; EP2989044B1; EP3120019A1; EP3044459A1; US20160138566A1; US8319368B2; US8100366B2; US8134249B2; US8624421B2; EP2463516A1; EP3044557B1; EP3117498B1; EP3063404B1; EP2021624B1; EP2989043B1; EP3044090B1; EP3184813A1; EP3256721A1; EP3094559A1; EP3245399A1; EP3077285A1; US20090090815A1; US20150316031A1; US20160108888A1;	B63B35/7979; G01L5/06; B64C31/06; F03D7/06; B66D1/7415; F03D5/06; F03D5/04; C 02F1/286; F 02M31/20; B 63B35/7976 ; B08B5/023; F03D5/02 F03D5/00; H02J3/14; F03D13/25;
Kitenergy S.R.L.	WO2011121557A2; US20140077495A1; EP2478215B1; JP5841124B2; JP6013445B2	F03D5/00; F03D9/002
Skysails GmbH	US7504741B2; WO2005100150A 1; US20080115716A1; US20070 261624A1; DE202006018499U1; US20110139053A1; EP2844552B1; US20110052391A1; EP2844553A1; DE102015111224A1 ; US7287481B1; WO2005100147A1; US20070250226A1; WO2005100148A1; US8215588B2; DE202011102743U1; US7971545B2; US7866271B2; US8056490B2; US8117977B2; US8740153B2; US8607722B2;	F03D5/00; B64C31/06; B63H9/0685; B63B59/00; 63B35/7979; F03D5/00; G07F17/24; B63B35/7976; F03D7/02
Ampyx Power BV	WO2018072890A1; WO2013127499A1; US20150266574A1; EP2868917A1	F03D5/00; B64C39/022; B64C31/06
Windlift LLC	US20100232988A1; WO2018071430A1; WO2018075296A1; US20100232988A1	F03D5/00; B64F3/00
Twingtec AG	US20170248125A1; EP3041738B1; EP2817212A1	F03D9/32; F03D5/00; B63H9/0607
Enerkite GmbH	US20150225080A1; US20170138346A1; US20160201768A1; WO2014040716A1	B64C39/022; F03D5/00; 03D5/06
Kitemill As	WO2015150470A1; WO2017029231A1	A63H27/04; F03D5/00
E-Kite Holding BV	WO2016085337A1; WO2013147600A2; NL2013876B1	F03D5/00; F03D9/002
NTSenergie- und Transportsysteme GmbH	US20090285681A1; US8505293B2; WO2012143058A1	F03D5/00; F03D5/04; B63B35/7979

Tabela 03 - Lista de patentes aplicadas pelas empresas em modo de sustentação.
Fonte: Autores.

O protótipo da empresa *Makani Power Inc* (2014), adquirida pela *Google X*, consiste de um aerofólio rígido similar à asa de um avião, com 8 metros de largura e 3 metros de profundidade projetada para operar entre 40 e 110 metros de altura. Este protótipo tem um sistema de turbinas fixadas no bordo de ataque do aerofólio, e também pode realizar as manobras de pouso e decolagem. A empresa possui registro de várias patentes onde foi desenvolvido um sistema de pipa bimodal (GRIFFITH et al., 2007b), em que as manobras de decolagem e pouso do voo pode ser realizada invertendo o sentido de rotação das turbinas, colocando-as em modo de propulsão, em uma operação similar a um quadricóptero. Neste modo de voo, os rotores da *Airborne Wind Turbine* (AWT) são utilizados como motores.

Uma AWT é preso através de um cabo a um carretel conectado ao eixo de um gerador elétrico no solo. Quando o comprimento do cabo tenha sido todo desenrolado do carretel, a AWT altera o modo de voo, tornando-se um avião cabeado. Neste momento uma trajetória de voo circular é utilizada e os rotores da *Airborne Wind Turbine* são utilizados como geradores para converter a força do vento em energia elétrica (GRIFFITH et al., 2007a). Quando o cabo atinge o seu comprimento máximo a fase passiva inicia, na qual o cabo é enrolado de volta, com um gasto de energia e tempo. O cabo foi projetado para ter menos arrasto aerodinâmico (GRIFFITH et al., 2008). A potência produzida no ciclo de funcionamento que consiste destas duas fases adjacentes é referido como o ciclo de potência. Em Lind et al. (2009) foi desenvolvido um sensor para detectar a tensão do cabo e para maximizar ou reduzir o atrito em veículos aéreos de *airborne wind turbines*. Um radiador para resfriar os motores é usado em (Lind, 2014). Estas e outras patentes desenvolvida pela *Makani Power Inc* pode ser vista na Tabela 05. A empresa está prevendo um produto comercial de 600 KW para operar de 100 a 400 metros de altitude, como um seguinte passo no projeto (SCHMEHL, 2018).

O protótipo da empresa norte-americana *Altaeros Energies Inc* (2015), fundada em 2010 por ex-alunos do instituto de Tecnologia de *Massachusetts* (MIT) e *Harvard* e sediada no MIT, utiliza uma estrutura grande, inflada com hélio para levantar voo a altitudes elevadas. A estrutura pode ser formada em uma diversidade de perfis e formas aerodinâmicos que são mais leves que o ar (GLASS, 2008). Para levantar voo, usam um aerostato em forma de balão com uma turbina eólica instalada no seu interior, de modo que o vento absoluto gera elevação, permitindo manter um ângulo de altitude com a força de empuxo. O desempenho do sistema depende não apenas do controle de altitude, mas também

da capacidade do aeróstato apontar em uma direção desejável, na posição correta em relação ao vento (VERMILLION et al., 2011). Em virtude de sua grande estrutura, este protótipo apresenta dificuldades para explorar o vento cruzado.

A empresa *Sky Windpower Corporation* SKYWindPower (2016), propôs um aerofólio chamado de "*Flying Electric Generator*" que é semelhante a um quadrotor com quatro rotores idênticos montados em uma estrutura que está conectada ao solo. Este foi um dos primeiros conceitos AWES testados através de protótipos em 1986 na Universidade de Sydney (AHRENS et al., 2014a). A empresa planejava construir e voar seu Gerador elétrico voador para demonstração em altitudes até 4.600m (15,000 pés) podendo gerar até 40 MW de potência (BRYAN et al., 2007), mas não se tem notícia sobre evoluções dessa tecnologia.

O protótipo da empresa americana *Joby Energy Inc* JOBYENERGY (2018), fundada em 2008, utiliza uma estrutura multi-aerofólios que suporta uma série de turbinas embutidas. As turbinas são utilizadas para propulsão durante a decolagem e geram energia durante o voo em manobras de vento cruzado. O método de geração de energia e as manobras de decolagem e pouso são semelhantes aos do conceito desenvolvido pela *Makani Power* (MAKANI, 2014). A *Joby Energy Inc*, está desenvolvendo aerogeradores aerotransportados e já possui três patentes aplicadas como mostra a Tabela 05. Foi desenvolvido um sistema e método para geração de energia controlada ciclicamente no ar usando auto-rotação (BEVIRT et al., 2008). Rotores primários foram adaptado para usar energia elétrica para fornecer energia às turbinas que são usadas como motores para elevar o sistema do solo para o ar (BEVIRT, 2009). Os rotores primários utilizam o vento predominante para gerar velocidade de rotação e a energia elétrica gerada é retornada ao solo usando um cabo adaptado para fixar o sistema de voo ao solo (BEVIRT e PEDDIE, 2009).

A empresa *Magenn Power Inc* fundada em 2004, possui uma abordagem diferente para a extração de energia do vento quando comparada com os protótipo apresentados até agora. Para produzir energia elétrica, usa o *Magenn Air Rotor System* (MARS), um grande cilindro leve que é preenchido com hélio para o manter suspenso no ar e que gira em torno do eixo perpendicular ao vento para gerar energia elétrica (CHAUDHARI, 2015). Os tubos de alumínio montados ao redor do cilindro restringem o fluxo de ar, criando o momento necessário para colocar todo o dispositivo em movimento no ar. Quando gira em torno de seu eixo, gera energia elétrica com dois geradores aerotransportados montados nas duas extremidades do cilindro. De acordo com Perkovic et al. (2013) o sistema de rotor a ar da *Magenn* está disponível no mercado.

A empresa *Omnidea* fundada em 2003, é uma incubadora na Agência Espacial Europeia (ESA), utiliza um sistema baseado no efeito Magnus no seu projeto energia eólica de alta altitude como dispositivos de elevação conectado ao gerador baseado em terra. Consiste em um módulo aéreo conectado por um cabo ao sistema gerador-guincho no solo (PARDAL e FREIRE, 2006). A empresa desenvolveu e aplicou várias patentes sendo algumas destinadas a tecnologia AWE. Desenvolveu uma plataforma aérea que pode ser construída em grandes dimensões sem requerer uma estrutura rígida e que utiliza flutuabilidade e efeito aerodinâmico Magnus para elevação (PARDAL e SILVA, 2011).

Na Tabela 04 são resumidos os sistemas de energia eólica aerotransportados com geradores suspensos.

Empresas/ Grupos de pesquisa	Descrição do sistema	Sustentação do Aerofólio	Geração	Classe de Potência
Makani Power	Turbinas em um aerofólio cabeado	Aerodinâmica	6/8 turbinas	600K
Joby Energy	Turbinas em um aerofólio cabeado	Aerodinâmica	Várias turbinas	2 MW
Altaeros Energies	Turbinas em um sistema lighter than air balloons	Flutuante aerostática	4 turbinas	2,4 KW
Sky Windpower	Quadrirotor cabeado	Empuxo Aero-dinâmico	4 turbinas	240 KW
Magenn Power	Magenn air rotor system	Magnus Effect		100 KW
Omnidea	Magnus Effect	Flutuante aerostática		30 kW

Tabela 04 - Sistema com geração no aerofólio.

Fonte: Adaptado de (FAGIANO e MILANESE, 2012), (CHERUBINI et al., 2015).

Já na Tabela 05 apresenta-se uma lista de patentes aplicadas pelas empresas. Algumas empresas e grupos de pesquisas listados nas Tabelas 02 e 04 não divulgam a configuração de seus protótipos por considerarem informações sigilosas do projeto.

Depositário	Número da Patente	Classificação Internacional de Patentes
Makani Power Inc	US7656053B2; US20110260462A1; US20130221679A1; US20130221154A1; US7847426B1; US20160102654A1; US20120070122A1; US20120104763A1; US20100295303A1; US20090289148A1; US20090072092A1; WO2013104007A1; WO2015138289A1; US7752830B2	F03D7/00; A63H27/002; F03D5/00; F03D1/00; D07B1/145; F03D80/60; F03D9/00; B64C31/06; B64C39/022; B64D27/26 A; H01B7/025; B63H9/0685;

Altaeros Energies Inc	US20120319407A1; EP2879950A1; US20150048203A1; JP6100799B2; US20180083726A1; US20160139601A1; WO2017087515A1; WO2018075632A1;	B64B1/06; B64B1/00; G05D1/0816; F03D3/0427; B64B1/50; B64B1/66; H04J11/003
Sky Windpower Corporation	US20120298793A1; US20030006615A1; US20160010627A1; US20160032895A1; WO2010099447A1; US9287819B2	F03D1/02; F03D9/002; F03D5/00; H02P27/06
Joby Energy, Inc.	WO2010039790A2; WO2010135604A2; WO2010148373A1	F03D13/20; F03D5/06
Magenn Power Inc	US7335000B2; US7602077B2	F03D3/002
OMNIDEA Lda	US20140001308A1; WO2013006072A1; US8247912B2	F03D5/00; B64B1/02; B64C39/022

Tabela 05 - Lista de patentes aplicadas pelas empresas em modo de arrasto.
Fonte: Autores.

6. ANÁLISE DE PATENTES

As patentes são divididas em seções ou áreas de conhecimento e subdivididas em classes. Os resultados da colaboração acadêmica e de empresas, resultou numa abordagem multidisciplinar abrangendo áreas como Engenharia, Combustíveis Energéticos, Telecomunicações, Transporte, Ciência de Polímeros, Ciência da Computação, Eletroquímica, Sistemas de Controle de Automação e Ciência de Materiais. A Tabela 6 apresenta as patentes, a classificação das patentes, os temas centrais, o nome do depositário e o inventor mais citados. As patentes analisadas são das classes X15, Q54, W06, Q25, P36, X12, T12, T01, W04, Q24, X13 e Q38, e podem ser agrupadas. As classes X15, X13 e X12 fazem parte da seção de engenharia de energia elétrica, as classes Q24, Q25, Q38 e Q54, da seção de Mecânica, abordando veículos especiais. As classes

W06, W04 fazem parte da seção de Comunicações abordando principalmente sistemas de aviação, equipamento de medição de velocidade e profundidade, controle e instrumentação de navios e aeronaves, simuladores de voo e veículos espaciais. A classe P36 faz parte da seção de entretenimento, já as classes T12, T01 fazem parte da seção de computação e controle. A Classificação Internacional de Patentes (IPC) classifica as patentes e modelos de utilidade de acordo com a área de tecnologia. As Tabelas 3 e 5 mostram as principais IPC baseados em dados de patentes neste estudo. A maioria das patentes encontradas são codificadas como F03D que está relacionada a Engenharia de Energia Elétrica, especificamente com sistemas de geração de energia para combustíveis não fósseis, energia geotérmica, eólica, de ondas e solar e tipos de geração de energia, seguido pela codificação B64C que está vinculada a engenharia mecânica, específicos com veículos especiais (aeronaves, aviação). Estes códigos são responsáveis pela maioria das patentes discutidas neste artigo. Além disso, esses códigos são baseados em conceitos técnicos relacionados a tecnologia AWE isto é, geração de energia aerotransportada abordado no estudo. As três patentes mais citadas são pesquisas desenvolvidas por Damon Vander Lind sendo o autor mais citado e de responsabilidade da empresa *Makani Power Inc.*, com o apoio do Google X e da Agência de Projetos de Pesquisa Avançada - Energy ARPA-E do governo dos Estados Unidos. A *Makani Power Inc* usa uma asa aerodinâmica cabeada a uma estação terrestre para aproveitar a energia do vento e produzir eletricidade. A empresa patenteou uma configuração de pipa e uma estratégia de voo para voos em alta velocidade, um sistema de pipa com uma estação terrestre adaptada para awes e uma configuração para estabilidade de uma pipa cabeada, todas as três invenções pertencem à classe B64C. A tecnologia AWE da *Makani* integra engenharia aeroespacial, ciência de materiais e controles autônomos.

Áreas Temáticas	R	Código de classe Derwent	F	Nome do Depositário	R	Inventor	R	Patentes	Total
Engineering	275	X15 - Non-Fossil Fuel Power Generating Systems	183	GOOGLE INC	54	VANDER LIND D	49	US20120104763-A1	46
Instruments Instrumentation	259	Q54 - Non-positive displacement fluid engines	124	X DEV LLC	45	HATCHMANN B	19	US20130221679-A1	41
Energy Fuels	195	W06 - Aviation, Marine and Radar Systems	61	VANDER LIND D	11	ANDREEV S P	13	US20110260462-A1	35
Telecommunications	77	Q25 - Aircraft, aviation, cosmonautics (B64)	41	HACHTMANN B	8	CHERNIN S YA	13	US6254034-B1	34
Transportation	56	P36 - Sports, games, toys (A63, B68B, C)	40	ST PETERSBURG SCI CULTURE SPORT	8	NOVIKOV E F	13	US20100295303-A1	31
Sport sciences	40	X12 - Power Distribution/ Components/Converters	18	GOLDSTEIN L	7	SELEZNYOV D G	13	US7317261-B2	29

Polymer science	22	T01 - Digital Computers	16	XI AN DAYU OPTOELETRONIC SCI TECHNOLO	6	PATTEN E W	11	US20070176432-A1	28
Computer science	17	W04 - Audio/Video Recording and Systems	14	LI Y	5	JENSEN K	10	US20130221154-A1	27
Electrochemistry	17	Q24 - Ships (B63)	10	INNER MONGOLIA GEOHO ENERGY EQUIP CO LTDA	4	CASEY L	10	US20100013236-A1	27
Automation control systems	8	X13 - Switchgear, Protection, Electric Drives	10	SKY WINDPOWER CORP	4	LI Y	9	US20110121570-A1	23
Materials science	6	Q38 - Hoisting, lifting, hauling (B66)	9	BEIJING QIXIANG INNOVATION TECHNOLOGY	3	GOLDSTEIN L	7	US20100032948-A1	22

Tabela 06 - Itens mais citados.
Fonte: Autores.

7. CONCLUSÃO E DISCUSSÃO

Nas últimas décadas o mundo tem observado um aumento acelerado da demanda de energia. Toda essa demanda de energia tem sido suprida desde a revolução industrial por fontes fósseis como carvão, petróleo e gás natural, fontes que estão em desacordo com o meio ambiente, contribuindo significativamente para um processo de aquecimento global e para a mudança climática.

No entanto, o mundo também tem presenciado uma revolução na área tecnológica, em termos de acesso, desempenho, processamento e robustez. Essa revolução permitiu que as fontes de energias renováveis, que causam pouco impacto ambiental fossem pesquisadas e desenvolvidas como uma alternativa para geração de energia e o desenvolvimento sustentável. O potencial de conversão de airborne wind energy tem sido investigado como pesquisas teóricas, exploratórias e experimentais como um recurso favorável para a produção sustentável de energia eólica.

O futuro econômico dos sistemas de airborne wind energy estão se apresentado como promissores e o desenvolvimento de protótipos desenvolvidos em empresas e universidades, estão em andamento e num futuro próximo espera-se o desenvolvimento em escala comerciais. Como o sistema de regulamentação para uso do espaço aéreo para sistemas de AWE ainda não está definido. Os protótipos em desenvolvimento operam com permissões especiais, sendo autorizações de operação emitidas por autoridades locais de aviação. Este artigo apresentou pesquisas teóricas, experimentais e de simulação desenvolvida por empresas e universidades para capturar energia eólica em altas altitudes com uso de aerofólios cabeados. Foram apresentados conceitos básicos da geração AWE, bem como os protótipos implementados e patentes aplicadas. Os protótipos apresentados mostram desde uma configuração muito simples como também configuração robusta e cara.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento deste projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, M., Hably, A., and Bacha, S. (2012). High altitude wind power systems: A survey on flexible power kites. In *20th International Conference on Electrical Machines*, pages 2083–2089, Marseille, France.
- Ahrens, U. (2006). Wind-operated power generator. Ahrens, U. (2007). Method and system for converting kinetic energy contained in horizontal flows into useful mechanical energy.
- Ahrens, U., Diehl, M., and Schmehl, R., editors (2014a). *Airborne Wind Energy*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, London.
- Ahrens, U., Pieper, B., and Töpfer, C. (2014b). In Ahrens, U., Diehl, M., and Schmehl, R., editors, *Airborne Wind Energy*, chapter Combining Kites and Rail Technology into a Traction-Based *Airborne Wind Energy*. Plant, pages 437–458. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, London.
- Altaeros (2015). Clean energy. Technical report, ALTAEROS.
- ANEEL (2018). Capacidade de Geração do Brasil. Technical report, Aneel, Brasil.
- Archer, C. L. and Caldeira, K. (2009). Global assessment of high-altitude wind power. *Energies*, 2:307–319.
- Archer, C. L. and Jacobson, M. Z. (2005). Evaluation of global wind power. *Journal of Geophysical Research*, 110.
- Argatov, I., Rautakorpi, P., and Silvennoinen, R. (2009). Estimation of the mechanical energy output of the kite wind generator. *Renewable Energy*, 34(6):1525–1532.

- Argatov, I. and Silvennoinen, R. (2010). Energy conversion efficiency of the pumping kite wind generator. *Renewable Energy*, 35(5):1052–1060.
- Bevirt, J. (2009). System and method for generating electrical power using a tethered airborne power generation system.
- Bevirt, J., Craig, D. D., Ibara, A. H., Kroo, I., Biddison, G., and Gibboney, J. K. (2008). System and method for airborne cyclically controlled power generation using autorotation.
- Bevirt, J. and Peddie, M. (2009). System and method for controlling a tethered flying craft using tether attachment point manipulation.
- Bormann, A., Skutnik, S., Gebhardt, C., and Ranneberg, M. (2012). Tethered wing system for wind energy use.
- Bryan, W. R., David, H. S., Ken, C., M. Elizabeth, C., David, G. E., Albert, J. G., and Jonathan, F. F. (2007). Harnessing high-altitude wind power. *IEEE Transactions On Energy Conversion*, 22(1):136–144.
- Canale, M., Fagiano, L., Ippolito, M., and Milanese, M. (2006). Control of tethered airfoils for a new class of wind energy generator. *45th IEEE Conference on Decision and Control*, pages 4020–4026.
- Canale, M., Fagiano, L., and Milanese, M. (2007a). Kitegen project: control as key technology for a quantum leap in wind energy generators. *2007 American Control Conference*, 1-13(6):3522–3528.
- Canale, M., Fagiano, L., and Milanese, M. (2007b). Power kites for wind energy generation fast predictive control of tethered airfoils. *IEEE Control Systems Magazine*, 27(6):25–38.
- Canale, M., Fagiano, L., and Milanese, M. (2010). High altitude wind energy generation using controlled power kites. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 18(2):279–293.
- Carnel, L. and Hårklau, T. (2015). Kitemill, a driver of second-generation wind energy! In Schmehl, R., editor, *Book of Abstracts of the International Airborne Wind Energy Conference 2015*, page 25. Institutional Repository, Faculty of Aerospace Engineering - Delft University of Technology, Netherlands.
- Chaudhari, R. (2015). Electric energy generation by magenn air rotor system (mars). *International Journal of Computer Science and Network*, 4:314–317.
- Cherubini, A., Papini, A., Vertechy, R., and Fontana, M. (2015). Airborne wind energy systems: A review of the technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (51):1461–1476.
- Creighton, R. and Mizzi, J. V. (2016). Tethered airfoil methods and systems.
- De Lellis, M., Mendonça, A. K., Saraiva, R., Trofino, A., and Lezana, A. (2016). Electric power generation in wind farms with pumping kites: An economical analysis. *Renewable Energy*, 86:163–172.
- Diehl, M. (2001). *Real-Time Optimization for Large Scale Nonlinear Processes*. PhD thesis, Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg, Germany.
- Diehl, M. (2018). In Schmehl, R., editor, *Airborne Wind Energy -Advances in Technology Development and Research*, chapter Foreword, pages vii–x. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, London.
- E-kite (2018). Te-kite’s first commercial system. Technical report, E-kite. Accessed Online on April 20, 2018.
- Fagiano, L. (2009). *Control of Tethered Airfoils for High-Altitude Wind Energy Generation*. PhD thesis, Politecnico di Torino, Torino, Italy.
- Fagiano, L. and Milanese, M. (2011). System for converting wind energy into electrical energy through the flight of power wing profiles tethered to the ground by cables of a fixed length, without passive phases, and with automatic adaptation to wind conditions.
- Fagiano, L. and Milanese, M. (2012). Airborne wind energy: an overview. In *American Control Conference*, pages 3132–3143, Montreal, Canada. IEEE.
- Fagiano, L., Milanese, M., and Piga, D. (2010a). High-altitude wind power generation. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 25(1):168–180.
- Fagiano, L., Milanese, M., and Piga, D. (2010b). High-altitude wind power generation. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 25(1):168 – 180.
- Glass, B. W. (2008). Lighter-than-air craft for energy-producing turbines.
- GmbH, E. (2018a). Airborne wind energy. Technical report, ENERKITE GmbH. Accessed Online on April 20, 2018.
- GmbH, N. (2018b). Generating renewable energy according to the x-wind principle.
- Griffith, S., Lynn, P., and Hardham, C. (2007a). Wind power generation.
- Griffith, S., Lynn, P., Montague, D., and Hardham, C. (2007b). Bimodal kite system.
- Griffith, S., Lynn, P., Montague, D., and Hardham, C. (2008). Faired tether for wind power generation systems.
- GWEC (2018). Global wind statistics 2017.
- Hornzee-Jones, C. and Hampton, W. (2014a). Kite with controllable trailing edge.

- Hornzee-Jones, C. and Hampton, W. (2014b). Winch.
- Houska, B. and Diehl, M. (2007). Optimal control for power generating kites. In *Proceedings of the European Control Conference 2007*, pages 3560–3567, Kos, Greece.
- IEA (2013). Technology roadmap: Wind energy. Paris, France.
- IEA (2015). Energy and climate change - world energy outlook special report. Paris, France.
- Ilzhoer, A., Houska, B., and Diehl, M. (2007). Nonlinear mpc of kites under varying wind conditions for a new class of large-scale wind power generators. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 17(17):1590–1599.
- InsolvenzPortal (2018). Technical report, InsolvenzPortal.
- IPCC (2012). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Special Report. Technical report, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2014). Climate change 2014: Mitigation of climate change.
- Ippolito, M. (2006). System and process for automatically controlling the flight of power wing airfoils.
- Ippolito, M. (2012). Wind energy conversion system by moving on rail modules towed by kites and electrical energy generation process by means of such system.
- Ippolito, M. (2015). Schwimmende offshore-Infrastruktur zur Nutzung von Windkraft.
- Ippolito, M. and Taddei, F. (2006). Aeolian system comprising power wing profiles and process for producing electric energy.
- Ippolito, M. and Taddei, F. (2007). Wind system for converting energy by translating on a rail modules dragged by kites and process for producing electric energy through such system.
- JOBYENERGY (2018). More power more often, for less. Technical report, JOBYENERGY.
- KITEGEN (2016). Kitegen research. Technical report, KITEGEN, Itália.
- KITENERGY (2018). Automatically controlled wing to harvest high-altitude wind energy. Technical report, KITENERGY.
- KPS (2018). Technical report, KPS energy. Accessed Online on April 12, 2018.
- Kruijff, M. (2017a). The technology of airborne wind energy - part i: Launch & land. Technical report, Ampyx Power B.V. Accessed Online on April 12, 2018.
- Kruijff, M. (2017b). The technology of airborne wind energy - part ii: the drone. Technical report, Ampyx Power B.V. Accessed Online on April 12, 2018.
- Kruijff, M. (2017c). The technology of airborne wind energy - part iii safe power. Technical report, Ampyx Power B.V. Accessed Online on April 12, 2018.
- Lellis, M. D., Saraiva, R., and Trofino, A. (2016). Airborne wind energy: Automatic flight test.
- Lind, D. V. (2014). Radiator and duct configuration on an airborne wind turbine for maximum effectiveness.
- Lind, D. V., Niekerk, B. V., and Hardham, C. (2009). Tethered system for power generation.
- Loyd, M. (1980). Crosswind kite power. *Journal of Energy*, 4(3):106–111.
- Luchsinger, R., Aregger, D., Bezard, F., Costa, D., Galliot, C., Gohl, F., Heilmann, J., Hesse, H., Houle, C., Wood, T. A., and Smith, R. S. (2018). In Schmehl, R., editor, *Airborne Wind Energy - Advances in Technology Development and Research*, chapter 24 - Pumping Cycle Kite Power with Twings, pages 603–621. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, London.
- Makani, P. (2014). Airborne wind turbines.
- Mendonça, A. K. S., Vaz, C. R., Lezana, A. R. G. and Anacleto, C. A., and Paladini, E. P. (2017). Comparing patent and scientific literature in airborne wind energy. *Sustainability*, 9:915–937.
- Milanese, M. and Gerlero, L. F. I. (2010). Actuating systems for controlling the flight of a power wing profile for conversion of wind energy into electrical or mechanical energy.
- Milanese, M., Milanese, A., and Novara, C. (2006). Automatic kite flight control system.
- NTS (2014). Nature technology systems. Technical report, NTS, Germany.
- Ockels, W. (2001). Laddermill, a novel concept to exploit the energy in the airspace. *Aircraft Design*, 4:81–97.
- Pardal, T. C. D. and Freire, M. A. B. D. A. (2006). Atmospheric resources explorer.
- Pardal, T. C. D. and Silva, P. M. M. D. S. (2011). Airborne platform.
- Perkovic, L., Silva, P., Ban, M., Kranjcevic, N., and Duic, N. (2013). Harvesting high altitude wind energy for power production: The concept based on magnus? effect. *Applied Energy*, (101):151–160.
- Power, M. (2018). Magenn power air rotor system. Technical report, Magenn Power Inc.
- Read, R. (2018a). In Schmehl, R., editor, *Airborne Wind Energy -Advances in Technology Development and Research*, chapter Kite Networks for Harvesting Wind Energy, pages 515–537. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, London.
- Read, R. (2018b). Windswept & interesting make scalable low-carbon, flying wind turbines. Technical report,

Windswept.

Roberts, B. W., Shepard, D. H., Caldeira, K., Cannon, M. E., Eccles, D. G., Grenier, A. J., and Freidin, J. F. (2007). Harnessing high-altitude wind power. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 22(1):136–144.

Ruiterkamp, R. (2012a). Glider for airborne wind energy productions.

Ruiterkamp, R. (2012b). System and method for airborne wind energy production.

Ruiterkamp, R., Salma, V., and Kruij, M. (2015). Update on certification and regulations of airborne wind energy systems - the european case for rigid wings. In Schmehl, R., editor, *Book of Abstracts of the International Airborne Wind Energy Conference 2015*, page 78. Institutional Repository, Faculty of Aerospace Engineering - Delft University of Technology, Netherlands.

Saraiva, R., Lellis, M., and Trofino, A. (2014). Passive phase design of a pumping kite wind generator. In 19th *IFAC World Congress*, pages 6764–6769, Cape Town, South Africa. IFAC.

Schmehl, R. (2015a). *Airborne Wind Energy Conference: Book of Abstracts*. Institutional Repository, Faculty of Aerospace Engineering - Delft University of Technology, Netherlands.

Schmehl, R. (2015b). Welcome to the airborne wind energy conference 2015. In Schmehl, R., editor, *Book of Abstracts of the International Airborne Wind Energy Conference 2015*, page 4. Institutional Repository, Faculty of Aerospace Engineering - Delft University of Technology, Netherlands.

Schmehl, R., editor (2018). *Airborne Wind Energy - Advances in Technology Development and Research*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, London.

Sequoia (2014). Patents and research. Technical report, Sequoia. SKYSAILS (2014). Wind propulsion and high-altitude wind power. Technical report, SKYSAIL, Germany.

SKYWindPower (2016). Flying electric generators. Technical report, SKYWindPower.

STOUGH, A. J. and AULL, M. J. (2016a). Hybrid rolling bridle system for distributing load while permitting freedom of rotation.

STOUGH, A. J. and AULL, M. J. (2016b). Variable cross section tether. Vermillion, C. R., Glass, B. W., and Goessling, A. D. (2011). Systems and methods for attitude control of tethered aerostats.

Vlugt, R. V. D., Peschel, J., and Schmehl, R. (2014). Design and experimental characterization of a pumping kite power system in airborne wind energy. In Ahrens,

U., Diehl, M., and Schmehl, R., editors, *Airborne Wind Energy*, chapter 23, pages 403–425. Springer, London.

Webster, B. (2018). First wind farm to be built powered by kites. Technical report, The Times.

Williams, P., Lansdorp, B., and Ockels, W. (2008). Optimal crosswind towing and power generation with tethered kites. *Journal of Guidance Control and Dynamics*, 31(1):81–93.

WOO, Y. S. and Woo, C. D. (2014). Medium/large electricity generator equipped with automatically winding and un-winding kite cable mechanism for minimum energy loss.

Wrage, S. and Brabeck, S. (2006). Launch and retrieval arrangement for an aerodynamic profile element and an aerodynamic profile element.

Wrage, S. and Böhm, J. (2004). Placement system for a flying kite-type wind-attacked element in a wind-powered watercraft.

Wrage, S. and Muller, S. (2004). Watercraft comprising a free-flying kite-type wind-attacked element as a wind-powered drive unit.

Zanon, M., Gros, S., Meyers, J., and Diehl, M. (2014). Airborne wind energy: Airfoil-airmass interaction. *IFAC PAPERSONLINE*, 47(3):5814–5819. 19th World Congress of the International-Federation-of-Automatic-Control (IFAC), Cape Town, SOUTH AFRICA, AUG 24-29, 2014.

Zillmann, U. and Hach, S. (2014). Financing strategies for airborne wind energy. In Ahrens, U., Diehl, M., and Schmehl, R., editors, *Airborne Wind Energy*, chapter 7, pages 117–137. Springer, London.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1640-8935>

ANNY KEY DE SOUZA MENDONÇA, Dra. | Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) | Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) | Florianópolis, SC – Brasil | Correspondência para: (Servidão do Porto, 165, Lagoa da Conceição, Florianópolis-SC, 88062-503) | E-mail: annykeysmendonca@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3468-7536>

ANTONIO CEZAR BORNIA, Dr. | Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) | Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) | Florianópolis, SC – Brasil | Correspondência para: (UFSC/CTC/EPS - CP 476 - Campus Universitário, Florianópolis, SC, 88040-900) | E-mail: cezar.bornia@ufsc.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

MENDONÇA, Anny Key de Souza; BORNIA, Antonio Cezar. Energia Eólica Aerotransportada: Uma Revisão da Tecnologia. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 105-121, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.105-121>.

DATA DE ENVIO: 10/10/2019

DATA DE ACEITE: 16/01/2020

TEORIAS DE SISTEMAS CRÍTICOS PARA DIAGNÓSTICO DE GRUPOS SOCIAIS NO ÂMBITO DO DESIGN

CRITICAL SYSTEMS THEORIES FOR THE DIAGNOSIS OF SOCIAL GROUPS IN THE DESIGN FIELD

MARIANA SCHMITZ GONÇALVES | UFPR

CAMILLA DANDARA PEREIRA LEITE | UFPR

BRUNA VILAS BÔAS DA SILVA PONTARA | UTFPR

CLAUDIO PEREIRA DE SAMPAIO, Dr. | UEL

AGUINALDO DOS SANTOS, PhD. | UFPR

RESUMO

Este artigo tem como premissa principal investigar como designers podem aplicar as abordagens críticas do pensamento de sistemas (systems thinking) para o diagnóstico de grupos sociais. Para isso, faz-se primeiramente uma abordagem teórica sobre assuntos pertinentes como Design, Artesanato e teorias de sistemas interpretativistas e críticos, e em especial da Critical Systems Heuristics (CSH). Depois, apresenta-se uma descrição do caso de projeto social investigado neste trabalho, o Rede de Mulheres, oferecido pela secretaria da Mulher e Assuntos da Família de Apucarana, no estado do Paraná. Então, caracteriza-se a coleta de dados no projeto e a relação das informações com as teorias de sistemas críticos. Ao final da aplicação da CSH, foram identificados três pontos para intervenção de design: (I) capacitação das artesãs para repassarem os conhecimentos a fim expandir e perpetuar o grupo; (II) rever os preços dos produtos e a estratégia de divulgação de procedência deles; e (III) intervenção do Design de Serviço no sistema a fim de mitigar desigualdades de poder.

PALAVRAS CHAVE: Artesanato; Design; diagnóstico de grupos sociais; Heurística Crítica de Sistemas.

ABSTRACT

This article has as its main goal to investigate how designers can apply critical approaches of systems theory to the diagnosis of social groups. To do this, we first take a theoretical approach to pertinent subjects such as Design, Crafts, some theories of interpretive and critical systems, especially Critical Systems Heuristics. The following is a description of the case of a social project investigated in this paper, the Women's Network, offered by the secretary of Women and Family Affairs of Apucarana, in the state of Paraná. Thus, the data collection in the project is characterized and the relation of the information with the theories of critical systems. At the end of CSH implementation, three design intervention points were identified: (I) empowering artisans to pass on knowledge to expand and perpetuate the group; (II) review product prices and the marketing strategy about the origin of the products; and (III) a Service Design intervention to mitigate power inequalities.

KEY WORDS: Crafts; Design; diagnosis of social groups; Critical Systems Heuristics.



1. INTRODUÇÃO: DESIGN, ARTESANATO E SUA FUNÇÃO SOCIAL

Este artigo busca apresentar os fundamentos da Teoria de Sistemas Críticos e suas implicações no campo do Design, mais particularmente na dimensão social do Design para a Sustentabilidade em grupos de artesanato. Para isso, parte-se da seguinte questão de pesquisa: “Como designers podem aplicar as abordagens da Teoria de Sistemas Críticos para o diagnóstico de grupos sociais?”. O estudo enfatiza, de maneira particular, a Heurística Crítica de Sistemas (Critical Systems Heuristics - CSH), que é um método para diagnóstico de desigualdades de poder em grupos sociais. O pressuposto principal da pesquisa é de que a utilização deste método pode ajudar a ampliar a percepção sobre questões de poder em grupos sociais, a fim de identificar se há ou não a necessidade da aplicação de ações de Design para promoção da equidade social em determinado grupo social.

Além de revisão bibliográfica, a pesquisa realiza aplicação da referida teoria na análise do projeto “Rede de Mulheres - Economia Solidária e Protagonismo Feminino”, oferecido pela Secretaria da Mulher e Assuntos da Família do município de Apucarana, no estado do Paraná. Esta é uma iniciativa da Prefeitura que está em atividade em duas comunidades de artesãos, nos distritos de Pirapó e Barra Nova, em que há grupos de artesãos que produzem e vendem produtos de artesanato com fibra de bananeira (Figura 1).



Figura 01 - Produtos de artesanato com fibra de bananeira do projeto rede de Mulheres, de Apucarana. Fonte: Autores (2019)

Considera-se aqui a conceituação da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) sobre o produto artesanal, que indica que os produtos do artesanato são invariavelmente feitos por artesãos, podendo ser confeccionados inteiramente à mão, com o uso de ferramentas ou inclusive com auxílio de máquinas, desde que o atributo da intervenção manual do artesão seja a característica mais proeminente e diferenciadora do produto quando pronto (BORGES, 2011). Nesta definição, não há uma limitação expressa na questão da quantidade unidades produzidas, ao contrário dos limites que o modo produção impunha nos séculos passados. De acordo com Löbach (2001), os produtos artesanais até a metade do século XIX eram fabricados principalmente à mão, marcados essencialmente por sua função prática, tendo como variáveis dominantes o tipo material e o modo de fabricação. Contudo, apesar destes produtos terem um viés fortemente funcional, persistia a dimensão simbólica, particularmente no que concerne à associação do status social. Os produtos produzidos pelo artesão eram percebidos como exclusivos, pois na velocidade mais lenta da produção manual eram fabricados para um reduzido número de clientes, atendendo às expectativas e aos desejos individuais desses clientes.

Para o artesanato atual, destaca-se a utilização de matérias-primas naturais, vindas de recursos renováveis e sustentáveis. Os produtos artesanais podem ter os mais diversos usos e funções, apresentando características que podem ser utilitárias, artísticas, simbólicas, estéticas, de caráter cultural e significativas do ponto de vista social (BORGES, 2011). Dentro desta definição, o artesanato é uma forma de expressão cultural. Configura-se como um mecanismo eficaz de manutenção dos valores culturais regionais, contribuindo para se promover a inclusão socioeconômica por meio da geração de renda. Desta forma, a produção artesanal assume a função de promover subsistência social e, também, configura-se como estratégia de resistência cultural (KELLER, 2015). Como desafios contemporâneos deste tipo de atividade, para alcançar efetividade em sua contribuição socioeconômica, o artesanato deve buscar a constante melhoria na qualidade técnica dos produtos finais, bem como atentar à capacidade de produção dos atores locais e, muito importante, estimular o engajamento coletivo das equipes de artesãos (MAC-CULLOCH et al., 2010), preservando assim a coesão social dos grupos de artesanato.

Nesse contexto, o Designer pode contribuir para a maior efetividade socioeconômica de grupos de artesãos, desde a atualização estético-funcional dos produtos até o

planejamento estratégico e formulação de políticas associadas às iniciativas. Nesse sentido, Cardoso (2012) defende a noção de que não é saudável alimentar uma dicotomia entre artesanato e Design. De fato, são atividades que se beneficiam mutuamente quando atuam em sinergia, como no caso do estudo apresentado neste artigo. Como argumenta Mac-Culloch et. al. (2010), a aproximação entre Design e artesanato favorece a preservação e o fortalecimento da cultura regional. Esta parceria também tem gerado impacto social e econômico na vida dos artesãos, enquanto contribui com significação cultural para a história do Design (BORGES, 2011). Ou seja, pode-se afirmar que a relação entre Design e artesanato é duplamente benéfica: se, por um lado, contribui possibilitando conhecimento empírico para os designers em um mercado com diversas possibilidades de inovação, por outro pode promover a reflexão sobre a prática dos artesãos os produtos e a gestão do grupo de trabalho, a fim de gerar melhores condições de trabalho e renda para eles.

Dessa forma, a manutenção da coesão de grupos de artesãos mostra-se interessante para o campo do Design. Ao mesmo tempo, áreas de conhecimento como o pensamento de sistemas (*systems thinking*) e a filosofia prática (*practical philosophy*) têm contribuições relevantes para o diagnóstico desses grupos, sendo uma dessas contribuições a metodologia de Heurística Crítica de Sistemas, aplicada no caso descrito neste artigo. Assim, a seguir apresenta-se a exploração deste campo teórico para o diagnóstico de sistemas críticos, ou se seja, situações de grupos sociais em que há desigualdade de poder para tomada de decisões de interesse coletivo.

2. TEORIAS CRÍTICA DE SISTEMAS

Já é sabido que, para além da criação de artefatos - produtos, peças gráficas, itens de moda, animações, entre outros - o Designer tem também a capacidade de atuar de forma mais abrangente, inclusive para analisar e projetar sistemas (BUCHANAN, 1992). Um dos aspectos essenciais quando se considera o projeto de sistemas é compreender o estado das relações sociais, posto que tem implicação direta na definição do processo de Design e dos requisitos para os artefatos e serviços concebidos.

A Teoria Crítica de Sistemas (*Critical Systems Theory*, ou CST) pode fornecer as bases teóricas necessárias para esse tipo de atuação. É uma corrente de pensamento que surgiu nos anos 60 (especialmente a partir da teoria filosófica de Habermas, na Escola de Frankfurt) e que serviu de base teórica para a Heurística Crítica de Sistemas (*Critical Systems Heuristics*, ou CSH). Segundo Ulrich (2005), essa teoria e

método é uma estrutura de estudo para a prática reflexiva baseada na filosofia prática e no pensamento de sistemas. A filosofia prática pode ser o uso da filosofia e técnicas filosóficas aplicadas para entender a vida cotidiana, a qual pode ser representada por meio da prática reflexiva, o pensamento filosófico e o aconselhamento filosófico. Assim, o pensamento sistêmico segue uma abordagem holística de análise, que observa a maneira com que as partes constituintes de um sistema se inter-relacionam, como os sistemas funcionam durante um espaço de tempo dentro do contexto de sistemas maiores e assim por diante (ULRICH, 2005). Por sua vez, a CST (e consequentemente a CSH) dá suporte a interesses emancipatórios em situações coercitivas, ou seja, em situações em que há desigualdade de poder entre os atores do sistema (FLOOD e JACKSON, 1991).

A prática reflexiva como estrutura de análise, observação, interação de um sistema em seu contexto e dimensão se apoia nas heurísticas, que identificam, exploram, encontram aspectos, suposições, questões ou soluções relevantes dos sistemas críticos. A utilização destas heurísticas supre as deficiências do método dedutivo que, geralmente, tem como princípio levantar, resolver e identificar problemas lógicos e bem definidos. Como alternativa às abordagens dedutivas convencionais, a abordagem crítica, pautada em heurísticas, parte de um caminho incerto de questões a serem levantadas e decididas. As respostas dependerão do ponto de vista das partes constituintes (portanto, dialógica e pluralista), de suposições de valor que apoiam o processo de reflexão e debate de premissas alternativas, a partir de uma delimitação de julgamentos que se estrutura a partir do pensamento sistêmico interpretativista e crítico (SANTOS et al., 2018).

Neste sentido, o pensamento de sistemas (*systems thinking*) é relevante, pois depende de julgamentos prévios sobre o sistema. Estes julgamentos prévios permitem formar um território de inter-relações que podem ser identificadas por meio de várias ferramentas de sistemas em suas características de aprofundamento, interferência e delimitação de fronteiras - as quais compõem o que Ulrich (2005) denomina *boundary judgements*. Estes “julgamentos de fronteira” ajudam a determinar quais observações empíricas e quais considerações de valores são tidas como relevantes e quais são deixadas de fora ou necessitam ser consideradas menos importantes para a análise. Uma vez que os julgamentos podem condicionar tanto fatos como valores, eles têm um papel fundamental na avaliação dos significados e méritos de uma afirmação (ULRICH, 2005). Esta relação de dependência entre fatos, valores e julgamentos de fronteira é representada por Ulrich (2000) no que ele chamou de “triângulo eterno”, vide Figura 2.

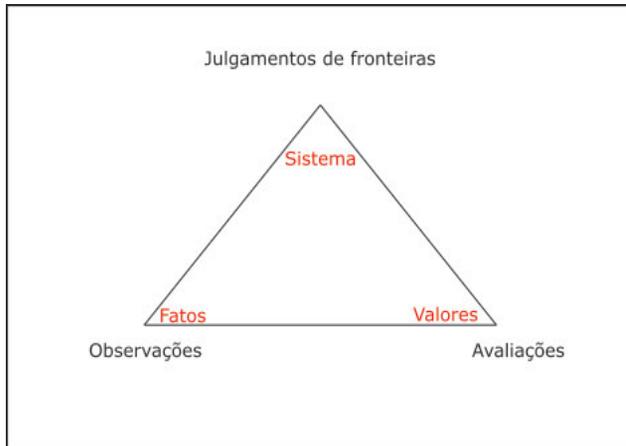


Figura 02 - “Triângulo eterno” que representa a relação de interdependência entre julgamentos de fronteira, fatos e valores.

Fonte: Adaptado de Ulrich (2000) apud Ulrich (2005).

Para esclarecer o significado de uma reivindicação e julgar seus méritos, é necessário identificar o conjunto dessas considerações de fatos e de valores que compõe o sistema de referência, o contexto ou situação percebida, usando questionamentos como por exemplo: “Que diferença isso faz na prática?”; “Quem vai se beneficiar disso e quem não vai?”; Como essa afirmação lida com as preocupações de quem não vai se beneficiar?” ou “Qual seria a noção fundamental de melhoria?”. Um pensamento claro e válido, bem como a comunicação produtiva deve ser estabelecida para as partes envolvidas, pesquisador e pesquisado.

3. MÉTODO E FERRAMENTAS

O problema da presente pesquisa tem natureza descritiva, tendo em vista que busca descrever uma realidade existente. Como trata da elicitação do conhecimento tácito através de um processo contínuo de abstração criativa e análise da falseabilidade desta abstração, selecionou-se o Método Heurístico. Conforme argumentam Brighton e Gigerenzer (2011) a identificação de heurísticas em um dado fenômeno pode contribuir para a formulação de decisões mais eficientes e eficazes. Santos et al. (2018) argumentam que o estudo de heurísticas inclui no seu escopo tanto o conhecimento oriundo diretamente de indivíduos como aquele consubstanciado em artefatos.

A pesquisa de campo utilizou os fundamentos da Teoria Crítica de Sistemas, por meio das Heurísticas Críticas de Sistemas. A coleta de dados utilizou uma abordagem qualitativa, devido à busca pela profundidade das informações, exercitando a imersão empática, inerente à CSH. Para a realização da coleta de dados, foram feitas entrevistas semiestruturadas *in loco*. As perguntas do roteiro para a entrevista

semiestruturada foram adaptadas de Ulrich (2005). As adaptações realizadas buscaram aproximar a linguagem do público-alvo. As doze questões, conforme descreve a Tabela 1 a seguir, foram separadas em quatro blocos: fontes de motivação, poder, conhecimento e legitimação.

Fontes de Motivação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quem são os clientes? Quem deveriam ser os clientes? Quem está sendo beneficiado nesse projeto? Quem deveria ser beneficiado? 2. Qual é o objetivo do projeto? Quais são os resultados que vocês estão tendo ou esperam ter? 3. Qual é a medida de melhoria do projeto? O que estão sempre tentando melhorar?
Fontes de Poder	<ol style="list-style-type: none"> 4. E quem decide isso (continuação da pergunta anterior)? É quem realmente deveria estar à frente do projeto? 5. O que mais esta(s) pessoa(s)/você(s) controla ou deveria controlar? 6. O que esta(s) pessoa(s)/você(s) não pode ou não tem como controlar?
Fontes de Conhecimento	<ol style="list-style-type: none"> 7. Quem é ou quem são as fontes de saber no projeto? Quem deveria ser? 8. Que conhecimentos são considerados importantes? Quais deveriam ser? 9. Quem é responsável pelo avanço, continuidade ou melhoria do projeto? Onde (ou com quem) os envolvidos buscam garantia?
Fontes de Legitimação	<ol style="list-style-type: none"> 10. Você poderia listar quem ou o que é afetado pelo projeto, além de vocês que estão envolvidos? Por exemplo, outras comunidades, ou até mesmo meio ambiente e gerações futuras. De que forma são afetados e quem no projeto está se posicionando com relação a isso? 11. Os valores e objetivos do projeto proporcionam a autonomia e interdependência dos envolvidos? 12. Que visão de mundo “o projeto” tem? Que visão de mundo é a dominante no projeto atualmente? Existem diferentes visões de mundo entre os envolvidos? Se sim, como essas diferenças são conciliadas?

Tabela 01 - Roteiro da entrevista semiestruturada baseado nas Heurísticas de Sistemas Críticos
 Fonte: Adaptado de Ulrich (2005)

Para captar os diversos pontos de vista em relação aos questionamentos, procurou-se aplicá-las ao maior número possível de participantes. Assim, a coleta de dados ocorreu durante visitas realizadas às unidades da iniciativa nas localidades de Pirapó e Barra Nova na cidade de Apucarana. As entrevistas foram feitas em três etapas: (a) Com a coordenadora do projeto na Secretaria da Mulher; (b) coletivamente com as integrantes do grupo de Pirapó e (c) com os integrantes do grupo de Barra Nova, também em uma conversa coletiva. Nas visitas aos grupos de trabalho o Mestre S., responsável por coordenar os aspectos técnicos das peças estava presente. As entrevistas foram gravadas em áudio, e então parcialmente transcritas para análise do discurso.

Para organizar os resultados, estes foram analisados a partir dos quatro aspectos das “questões de fronteira” propostas por Ulrich (2005). A partir da aplicação das questões norteadoras da CSH junto aos diversos atores do projeto foi possível registrar os resultados seguintes, aqui separados em:

- I) Fontes de motivação: buscam conhecer o que é o projeto, quem são seus clientes e outras questões introdutórias;
- II) Fontes de poder: dizem respeito ao poder de tomada de decisão distribuído (ou não) entre os atores, o protagonismo de determinadas pessoas, questões do que pode ou não pode ser controlado dentro do projeto;
- III) Fontes de conhecimento: investigam quais atores detêm os saberes fundamentais para o funcionamento do projeto e auxiliam no questionamento dessas mesmas fontes, na identificação de quem dá garantia à continuação dos trabalhos, quais conhecimentos são considerados importantes, e assim por diante;
- IV) Fontes de legitimação: busca apontar quem são – e/ou deveriam ser – os afetados pelo trabalho realizado e como os atores se posicionam em relação a isso, questões de autonomia, independência e visões de mundo envolvidas no tecido do projeto.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

4.1. Contexto

O Projeto Rede de Mulheres de Economia Solidária e Protagonismo Feminino é oferecido pela Secretaria da Mulher e Assuntos da Família de Apucarana, Paraná, por meio da Prefeitura. Trabalha com a diminuição da vulnerabilidade doméstica feminina e tem como principais representantes a Secretária da Mulher e a supervisora do projeto, além de 25 integrantes da Rede de Mulheres Solidárias compõe o projeto municipal que existe desde 2014 e já capacitou mais de 859 mulheres. O projeto visa a geração de trabalho, renda, autonomia financeira e o empoderamento feminino (PREFEITURA DE APUCARANA, 2019).

Este projeto configura-se como um empreendimento da economia solidária, atuando em áreas diversas como artesanato, confecção, beleza e estética, gastronomia, plantas medicinais e ornamentais, produção orgânica de hortifrúteis, entre outros. As áreas onde realizam-se as capacitações incluem o ensino de técnicas e práticas que podem ser levadas para o âmbito doméstico como espaço de fabricação dos artefatos.

Há onze espaços de comercialização dos produtos da economia solidária, compartilhados na cidade de Apucarana, que são utilizados pelo projeto. Estes espaços

encontram-se espalhados pela cidade, e são assegurados por uma lei municipal. Além destes há práticas de comércio em feiras e exposições intermunicipais e interestaduais. Com o projeto apresentado em outras cidades, em 2016 houve uma ampliação de saberes voltados para o ensino de novas técnicas. A Rede de Mulheres começou a partir de então a se profissionalizar para o trabalho artesanal com a fibra de bananeira, conforme ilustrado na Figura 3:



Figura 03 - Trançado em fibra de bananeira, trabalho artesanal das comunidades de Apucarana. Fonte: Autores (2019)

O projeto abrange dois grupos rurais, um de Pirapó e outro de Barra Nova, ambos distritos da cidade de Apucarana. Estes braços do projeto são conduzidos por um mestre artesão, que domina e comunica a técnica para o coletivo, desde o corte do caule, a extração e seleção das fibras, bem como as técnicas de finalização, como trançados e a arte de malhar os fios. Os encontros são semanais, em um processo totalmente artesanal e lento. Os produtos são confeccionados de acordo com a demanda, são produzidos por encomenda e não possuem uma regulamentação de modelos, formas e tipos de artefatos. A Figura 4 apresenta algumas das artesãs do grupo de Pirapó – Apucarana:



Figura 04 - Artesãs do grupo de Pirapó - Apucarana. De chapéu, pesquisadora em visita à comunidade.
Fonte: Autores (2019)

4.2. Fontes de Motivação

A investigação das fontes de motivação busca conhecer o que é o projeto, quem são seus clientes e outras questões introdutórias. De acordo com a coordenadora do projeto dentro da Secretaria da Mulher, o objetivo do projeto Rede Mulher é otimizar o protagonismo feminino e a economia solidária nas comunidades em que estão inseridos os grupos de trabalho. Em Pirapó, o objetivo tornou-se principalmente terapêutico (pela reunião das integrantes, a convivência, a amizade, a curiosidade para uma nova habilidade) e ocupacional, já que as integrantes são todas mulheres idosas. Em Barra Nova o grupo foi formado há cerca de um mês o objetivo é esse também, mas os integrantes são mais jovens (a partir de 36 anos), e incluem a participação masculina. Eles têm o interesse financeiro na venda dos produtos, com mais noções sobre a precificação destes.

Atualmente os clientes regulares do projeto são os três pontos de venda da disponibilizados pela Prefeitura de Apucarana. Outros clientes recorrentes são feiras livres (itinerantes) de hortifrúti e feiras fixas gastronômicas e de artesanato (ex.: Feira da Lua). A coordenadora afirmou que já fizeram feiras grandes de artesanato, de agropecuária, mas isso é menos comum. Há também os clientes que vêm a partir das encomendas (particulares em empresas, restaurantes, eventos etc.), ao ver os produtos nas feiras.

Sobre os benefícios que o projeto proporciona para os participantes, os participantes de ambas as unidades afirmaram que eles são beneficiados, mas deveriam ser ainda mais. O grupo de Pirapó se beneficia do trabalho terapêutico, da convivência entre elas. Já o grupo de Barra Nova tem se beneficiado com novos aprendizados de artesanato, e prospectam ganhos financeiros no futuro próximo.

As entrevistas revelaram a existência de projetos de pesquisa de universidades (UFPR, UTFPR) ligados ao projeto Rede Mulher (cursos como Química) que trabalham para aumentar a resistência da fibra contra pragas e pesquisadores de Design (autores do presente artigo). Nesse sentido, os participantes relataram que o trabalho deles acaba se tornando ferramenta de pesquisa para várias áreas do conhecimento, mas que não tem um retorno de real impacto para a comunidade. O Mestre S. disse esperar mais participação da Prefeitura na estrutura para a confecção dos produtos, no cozimento das fibras (ex.: esperam uma cozinha industrial da Prefeitura). Os participantes ainda não têm um retorno financeiro digno do trabalho realizado, nesse sentido eles acreditam que deveriam ser mais beneficiadas do que são hoje.

Para a Secretaria da Mulher, os resultados que estão sendo alcançados foram considerados satisfatórios. Para as mulheres de Pirapó, o resultado financeiro foi visto como baixo, mas o resultado terapêutico como satisfatório. Elas esperavam ter mais retorno financeiro e mais reconhecimento dos clientes e do mercado. Em Barra Nova, os resultados ainda não eram visíveis pois estavam trabalhando há apenas um mês. Por isso, eles já apresentavam como resultados o conhecimento da técnica, o aprendizado. Já sobre as possíveis melhorias a serem feitas, a coordenadora apontou a otimização do design dos produtos, o aumento na velocidade de produção e o acabamento deles. Para as integrantes da unidade de Pirapó, precisa haver melhorias estruturais, incentivo financeiro e governamental, como infraestrutura para beneficiamento da fibra. Porém, a coordenadora do projeto na Secretaria afirmou que a unidade de Pirapó priorizava a continuidade do projeto pelo grupo e pela convivência com as colegas, porém sem planos de melhoramento. Afirmou ainda que a Secretaria abriu a nova unidade de Barra Nova justamente para dar continuidade ao projeto e não permitir que o projeto tivesse fim apenas no trabalho terapêutico. Para os membros da unidade de Barra Nova, seria preciso aperfeiçoar a técnica em um nível que o produto superasse as expectativas do mercado e trouxesse retorno financeiro.

4.3. Fontes de Poder

As questões sobre as fontes de poder do projeto dizem respeito ao poder de tomada de decisão distribuído (ou não) entre os atores, o protagonismo de determinadas pessoas, questões do que pode ou não pode ser controlado dentro do projeto. No projeto em questão, quem decide sobre aceitar ou não as encomendas é a coordenadora,

que monopoliza esse tipo de decisão. Nesse sentido, as mulheres de Pirapó são totalmente dependentes da decisão da coordenadora. Para o Mestre S., a decisão de aceitar ou não novas encomendas deveria ser feita em grupo. Ele contou sobre um caso de encomenda recusado que aconteceu na unidade da Pirapó: *"...aquilo deu mais um trabalho, só que a Bete ficou com medo que a gente não dava conta, mas a gente dava conta. Se eu tivesse visto, tinha falado: 'Pega, Bete. Pode pegar que nós dá [sic] conta'"*.

Já os integrantes de Barra Nova tinham intenção de ganhar esse poder de decisão ao longo do tempo e ampliar os pontos de venda para lugares estratégicos como atrações turísticas e praias. Para a coordenadora, o ideal seria a descentralização das tomadas de decisão, obtendo-se mais autonomia por parte dos integrantes dos grupos produtivos. Já sobre as melhorias necessárias para o trabalho dos artesãos, de acordo com a Secretaria da Mulher quem decide são os participantes do projeto. Porém, a comunidade de Pirapó entendia que quem estava responsável por tomar as decisões do projeto era a própria coordenadora, ou seja, elas delegavam esse poder de decisão. Quem deveria liderar as decisões eram as próprias participantes do projeto, mas elas não tinham iniciativa e capacidade de participar de feiras, de gerenciar conflitos advindos de grandes encomendas, etc. Já na comunidade de Barra Nova, os integrantes usavam os benefícios providos pela Secretaria da Mulher, como ponto de venda, conhecimento, profissionalização e influência como auxílio para fortalecer a comunidade com objetivo de obter autonomia futura.

Sobre problemas difíceis de serem previstos ou controlados, segundo o Mestre S. existiam conflitos sérios relacionados às críticas que algumas das integrantes faziam ao trabalho das outras, causando desavenças, evasão e alta rotatividade das integrantes no projeto, que depois de algum tempo decidiam voltar ao trabalho do projeto, mas precisavam reaprender toda a técnica por falta de prática. Nesse sentido, o Mestre tinha um papel educativo com os membros que ficavam, para que aprendessem a dar um retorno de forma positiva aos colegas, evitando repetir esses episódios.

4.4. Fontes de Conhecimento

A verificação das fontes de conhecimento do projeto investiga quais atores detêm os saberes fundamentais para o funcionamento do projeto e auxilia no questionamento dessas mesmas fontes, na identificação de quem dá garantia à continuação dos trabalhos, quais conhecimentos são considerados importantes, e assim por diante. Nesse contexto, as duas principais fontes de

conhecimento e liderança foram apontadas como sendo a coordenadora, pois possui conhecimento do projeto, de trabalho comunitário e economia solidária e o Mestre S.: desde quando colher, como separar, selecionar, até trançar as fibras de bananeira.

Porém, havia um consenso que todos os artesãos deveriam ser considerados como fonte de conhecimento, pelo repertório e a criatividade deles, que muitas vezes propunham novos produtos e soluções ao Mestre S.. Como a coordenadora mencionou: *"Então o que eu sugeri pra elas: Vão produzindo! Vão produzindo as peças que vocês aprenderam, vão produzindo sousplat, vão produzindo... Bolsas, chapéus, carteirinhas. A Helena é muito criativa! Ela inventa umas peças bem mirabolantes..."*. A coordenadora complementa ainda sobre as habilidades de Helena, integrante do grupo: *"Bem quietinha... E ela pesquisa na internet, e ela sempre traz umas peças assim, mirabolantes, assim sabe... E ela gosta muito!"*. Sobre o tipo de conhecimento que deveria ser considerado mais importante, os integrantes afirmaram que o repertório que poderia ser mais explorado e novos conhecimentos, como de design, para aumentar o valor mercadológico. Em Pirapó, os integrantes acreditavam que já detinham toda a técnica e estavam totalmente organizados, enquanto na unidade de Barra Nova, os integrantes acreditavam que podia haver melhorias e adequações do produto, além do conhecimento atual, que estava sendo repassado pelo mestre.

De acordo com a coordenadora, ela era a responsável por garantir a continuidade, avanço e melhoria do projeto. Por considerar o projeto de Pirapó como terapêutico, sem muitas perspectivas mercadológicas, iniciou o treinamento da unidade de Barra Nova, pois possui perfil empreendedor, com o intuito de garantir o projeto. Mencionou sobre o grupo de Pirapó que, quando a Secretaria da Mulher faltava nos encontros semanais, gerava um desconforto e insegurança por parte das participantes: *"Que quando a gente, às vezes, falha por alguma razão, não vai lá, ou pula uma semana, elas se encontram, mas elas ficam chateadas, elas falam: 'Mas... Por que você não veio, poxa vida?' Vai... você vai parar com o grupo. Não nós não vamos parar, não tem... Só que é um grupo muito assim, terapêutico"*. Desse modo, ficou claro que os integrantes dos grupos de trabalho buscavam garantias na proximidade com a Secretaria da Mulher: Ambas as unidades tinham como apoio a Secretaria, por meio dos pontos de comercialização e das consultorias da coordenadora, bem como o conhecimento do mestre-artesão, que além de deter os conhecimentos práticos, também era um ator simbólico, detentor de carisma e respeito pelos artesãos e artesãs dos grupos.

4.5. Fontes de Legitimação

A identificação das fontes de legitimação busca apontar quem são – e/ou deveriam ser – os afetados pelo trabalho realizado e como os atores se posicionam em relação a isso, questões de autonomia, independência e visões de mundo envolvidas no tecido do projeto. Naturalmente, os clientes compradores dos produtos confeccionados eram afetados com a oferta dos produtos artesanais. No caso de Barra Nova, a produção orgânica de frutas e legumes era incentivada por meio do trabalho concomitante com o artesanato. Em breve eles esperavam conseguir a certificação de orgânico também para a fibra de bananeira usada na confecção dos produtos, que era produzida sem agrotóxicos. Com isso, o meio ambiente também era afetado positivamente. O grupo de Pirapó, como era mais terapêutico, ganhava em autonomia e independência das integrantes por meio do fortalecimento da comunidade feminina e, por consequência, a diminuição dos casos de violência contra a mulher e relacionamentos abusivos. Os membros da unidade de Barra Nova, por ser uma unidade nova de trabalho se posicionavam com mais otimismo e confiança de evolução da unidade em um futuro próximo, acreditando que o trabalho contribuiria para a autonomia e independência financeira dos envolvidos.

Em relação às visões de mundo envolvidas no projeto, de acordo com a Secretaria da Mulher, a visão era de que é possível destacar o protagonismo feminino nas comunidades e a prática da economia solidária por meio de capacitação dos integrantes para confecção de artesanato de fibra de bananeira. Dentro desta visão de mundo prevaleciam valores como o aprendizado coletivo, o incentivo à criatividade e o fortalecimento do grupo por meio do relacionamento interpessoal.

Nas duas unidades, a visão de mundo do Mestre S. influenciava os outros participantes. Por vir de uma trajetória rica em repertório voltado para trabalhos comunitários com foco nas habilidades manuais e artesanais, ele sempre contava as histórias que viveu sobre o trabalho de comunidades autossustentáveis, por exemplo: os movimentos de ONGs na conquista de posse e legalização, na criação de jornal informativo para a comunicação e divulgação dos movimentos. O mestre artesão também falava sobre o ideal de comunidade, citando o movimento “As Doze Tribos”, sobre seu início nos Estados Unidos e sua expansão em 15 países, suas características, toda produção de alimentos, conceitos de coletividade e todo o potencial desenvolvimento de tecnologias e profissionalização: “Eles têm uma renda que acho que ninguém tem... Lá ninguém tem salário e tem tudo, todo mundo vai de férias... Uma comunidade bem socialista”.

O grupo de Pirapó queria conquistar mais infraestrutura e alguns integrantes acreditavam que precisavam expandir os olhares ao conhecer outros projetos para evoluir, conhecendo a filosofia de outros grupos e aprendendo com eles. O mestre complementou: “Parar agora, se a gente parar agora a gente vira caranguejo. Precisamos sair pra conhecer, arrumar condução pra gente ir...”. Esse grupo acreditava que o incentivo da Prefeitura era fundamental para o trabalho e desenvolvimento das comunidades serem autossustentáveis no futuro. Eles comentaram sobre a elaboração de um projeto formal para apresentação da comunidade de trabalho com a fibra de bananeira para a Prefeitura com o objetivo de conseguir mais subsídios, por meio da aprovação do mesmo pela Câmara dos Vereadores no próximo exercício financeiro do município.

Na unidade de Barra Nova havia uma visão de mundo bem coesa, eles eram mais independentes das opiniões do mestre artesão, mas acreditavam na responsabilidade do trabalho comunitário como visão de futuro, onde o trabalho artesanal e com a terra orgânica eram ferramentas importantes para evolução da comunidade. Mas também relataram sobre a dispersão do grupo e como isso havia atrasado a visão coletiva do trabalho como comunidade. O Mestre S. disse: “Aí eu venho fazendo esse tipo de trabalho visando agrupar gente, só que não é fácil agrupar gente...”. Como estavam envolvidos com a terra, acreditavam no potencial dela como fonte de renda e agregadora de interesses. Usaram a bananeira como exemplo de aproveitamento, para alimento in natura (banana), farinhas, fibra e compostagem para adubo. Enquanto isso, lutavam para conseguir a certificação de cultivo orgânico de bananas. Roberto, integrante do projeto, na iniciação de seu aprendizado com a fibra disse: “O sonho nosso aqui, nessa propriedade é a pureza. Afastar tudo que é coisa ruim!” Para ele, isso seria alcançado com a conquista de uma comunidade autossustentável e da certificação orgânica para a produção.

Certamente existiam visões de mundo diferentes entre os integrantes das unidades do projeto. As visões sobre a função principal do projeto mudavam de uma unidade de trabalho (Pirapó) para outra (Barra Nova) e diferiam da visão institucionalizada pela Secretaria da Mulher. Porém, foi possível identificar através das entrevistas que o senso de coletividade era o pilar para um futuro mais desejável, tanto na equidade dentro das comunidades como no bem-estar que esta proporciona ao grupo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da aplicação da CSH com os integrantes do projeto percebeu-se que, embora a principal proposta seja a de empoderamento feminino, as representantes da Secretaria da Mulher possuíam o domínio sobre os processos que não envolviam habilidade manual, como: estabelecer contratos das encomendas, comercialização e administração das finanças. Isso se dava porque, muito embora tenha havido a tentativa de dar total autonomia ao grupo, isso não foi possível pois as artesãs de Pirapó não conseguiram assimilar todos os conhecimentos novos, devido à idade avançada. Entretanto, foi repassado para elas todo o processo produtivo do artesanato, desde a colheita da fibra até a produção de cada peça.

Outro ponto importante levantado através da análise dos dados foi o fato de que, embora houvesse um anseio inicial pela Secretaria da Mulher de gerar renda e ocupação às artesãs, o mesmo objetivo não estava sendo o foco principal (pelo menos não na unidade de Pirapó), devido também à idade avançada das mesmas, que impossibilitava ou dificultava a organização e deslocamento delas para venda das peças em feiras, bem como a produção mais acelerada para atender a grandes encomendas. Entretanto, o projeto continuava a existir por ter como objetivo o protagonismo feminino, para além da geração de renda, permitindo que as mulheres envolvidas se sintam úteis, reúnam-se, fortaleçam-se e fortaleçam seus vínculos. Sendo assim, o grupo de Pirapó foi diagnosticado como sendo para fins terapêuticos. Enquanto isso, o grupo de Barra Nova ainda estava no começo de suas atividades, mas já demonstrava grande interesse e potencial para geração de renda com a atividade.

Constatou-se que o artesanato com a fibra de bananeira tinha mercado interessado e potencial, porém as artesãs de Pirapó não tinham capacidade para atender a esse mercado devido à baixa velocidade de produção, necessidade de melhor finalização das peças e ao estresse gerado diante de grandes encomendas.

O designer pode contribuir para o aumento da renda da comunidade auxiliando na precificação e padronização dos produtos, bem como gerar valor econômico agregado nos mesmos a partir de estratégias como valorização da origem do produto, indicando melhorias de acabamento e até mesmo no projeto de serviços para serem agregados ao sistema de produção.

Ressaltam-se as possibilidades de aumentar o benefício financeiro do grupo de Pirapó transformando as senhoras em mestres de artesanato para repassar o conhecimento a outras mulheres, mais jovens, que possam

ter mais agilidade na produção, tendo assim possibilidade de atender a demandas maiores. Porém, não seria necessário apenas aumentar a velocidade da produção, pois a prática artesanal é inerentemente lenta comparada ao contexto da produção em massa garantida pelas indústrias atualmente. Seria coerente estabelecer um preço mais elevado aos produtos artesanais, configurando um comércio justo com certificação de origem. Seria então primordial a valorização e destaque de toda a procedência dos produtos para o público, desde o local até a identidade das artesãs e artesãos que o produziram, do contexto e da relevância social do projeto “Rede de Mulheres - Economia Solidária e Protagonismo Feminino”. Acredita-se que ações de design nesse sentido podem aumentar o valor agregado do produto.

Ainda, um ponto interessante foi a presença de homens no grupo artesanal de Barra Nova, o que parece à primeira vista incoerente, considerando-se o objetivo do projeto, porém a fundamentação do aceite deles no grupo é que são cônjuges ou parentes próximos de artesãs, sendo, portanto, uma oportunidade de promover o trabalho em conjunto, como uma forma de fomentar a colaboração, valorização e respeito mútuo na família.

Finalmente, no que se refere à utilidade do método para o diagnóstico dos grupos, pode-se afirmar que os questionamentos contidos na abordagem da Heurística Crítica de Sistemas foram de grande valor para aprofundar a compreensão do sistema sociotécnico envolvido neste projeto. Através dele foi possível perceber claramente desigualdades de poder dentro do sistema e, por meio da análise dos dados coletados, foi possível traçar algumas linhas gerais de ações de design do sistema a serem aplicadas no futuro: (I) Capacitação das artesãs de Pirapó para se tornarem mestres e repassarem os conhecimentos necessários para expansão e perpetuação do grupo; (II) Revisão dos preços alinhada a mudanças na divulgação para valorização da procedência dos produtos e, por conseguinte, aumento do valor agregado dos mesmos; (III) Intervenção de Design de Serviço orientado à Sustentabilidade a fim de mapear e reajustar o sistema a fim de mitigar desigualdades de poder, para que ele passe a operar de acordo com as demandas identificadas para a prosperidade dos grupos de trabalho e do projeto em si. A relação entre atores e ações atuantes atualmente no projeto e o resumo das propostas de intervenção do Design aqui propostas podem ser analisadas na Figura 05, abaixo.

AÇÃO	ATOR	
Contratos de encomendas, comercialização e administração das finanças	Secretaria da mulher	
Processo produtivo	Comunidade de Pirapó	Comunidade de Barra Nova
Capacitação das artesãs para repasse de conhecimento a uma nova geração; divulgação da procedência do artesanato e revisão dos preços deste; design de serviço para a sustentabilidade para mitigação das desigualdades de poder.	Designers	

Figura 05 - Quadro de Ações x Atores que representa a realidade atual do projeto analisado e propostas de intervenção do Design.

Fonte: Autores (2019).

A partir dos resultados obtidos com a CSH neste estudo, propõe-se ainda que esta metodologia seja incorporada na etapa de diagnóstico de sistemas sociotécnico nos quais o Design seja utilizado como elemento norteador do processo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelas bolsas de mestrado Demanda Social.

REFERÊNCIAS

- BORGES, Adélia. Design + Artesanato: o caminho brasileiro. São Paulo: Editora Terceiro Nome, 2011.
- BRIGHTON, Henry; GIGERENZER, Gerd. Towards competitive instead of biased testing of heuristics: A reply to Hilbig and Richter (2011). *Topics in Cognitive Science*, v. 3, n. 1, p. 197-205, 2011.
- BUCHANAN, Richard. Wicked Problems in Design Thinking. *Design Issues*, 8 (2), 5-21, 1992.
- CARDOSO, Rafael. Design para um mundo complexo. São Paulo: Cosac Naify, 2012.
- FLOOD, Robert L.; JACKSON, Michael C. Total systems intervention: a practical face to critical systems thinking. *Systems Practice*, v. 4, n. 3, p. 197-213, 1991.
- KELLER, Paulo Fernando. O artesão e a economia do artesanato na sociedade contemporânea. *Revista De Ciências Sociais - Política & Trabalho*, v. 2, n. 41, p. 323-347, 2015.
- LÖBACH, Bernd. Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais. s. l.: Edgar Blücher, 2001.
- MAC-CULLOCH, Mayumi Kamizono et al. Design para a Sustentabilidade em micro-empresendimentos sociais de produção artesanal. In: 9º Congresso Brasileiro

de Pesquisa e Desenvolvimento em Design 2010, 2010, São Paulo. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design 2010, 2010

PREFEITURA DE APUCARANA. "Economia Solidária" pode servir de modelo no Paraná. 4 fev. 2019. Disponível em: <<http://www.apucarana.pr.gov.br/site/economia-solidaria-pode-servir-de-modelo-no-parana/>> Acesso em: 29/10/2019.

SANTOS, Aguinaldo dos et al. Seleção do Método de Pesquisa: Guia para pós-graduandos em Design e áreas afins. Curitiba: Insight, 2018.

ULRICH, Werner. A brief introduction to critical systems heuristics (CSH). Website of the ECOSENSUS Project: Open University, Milton Keynes, UK, 14 October 2005. Disponível em: <<http://www.ecosensus.info/about/index.html>> Acesso em: 01/10/2019

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2106-3858>

MARIANA SCHMITZ GONÇALVES | Universidade Federal do Paraná | Programa de Pós-Graduação em Design | Curitiba, PR - País | Correspondência para: Rua General Carneiro, 460. Edifício Dom Pedro I, sl 717- Curitiba, PR, 80060-150 | E-mail: tz.mariana@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1657-3597>

CAMILLA DANDARA PEREIRA LEITE | Universidade Federal do Paraná | Programa de Pós-graduação em Design | Curitiba, PR- Brasil | Correspondência para: Rua General Carneiro, 460. Edifício Dom Pedro I, sl 717- Curitiba, PR, 80060-150 | E-mail: dandaraleite3@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5615-3995>

BRUNA VILAS BÔAS DA SILVA PONTARA | Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Design de Moda | Curitiba, PR- Brasil | Correspondência para: Rua General Carneiro, 460. Edifício Dom Pedro I, sl 717- Curitiba, PR, 80060-150 | E-mail: bruna_boas@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2310-8674>

CLAUDIO PEREIRA DE SAMPAIO, Dr. | Universidade Estadual de Londrina | Design | Londrina, PR- Brasil | Correspondência para: Rodovia Celso Garcia Cid | Pr 445 Km 380 | Campus Universitário 86051980 - Londrina, PR | E-mail: qddesign@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8645-6919>

AGUINALDO DOS SANTOS, PhD. | Universidade Federal do Paraná | Programa de Pós-graduação em Design | Curitiba, PR- Brasil | Correspondência para: Rua General Carneiro, 460. Edifício Dom Pedro I, sl 717- Curitiba, PR, 80060-150 | E-mail: asantos@ufpr.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

GONÇALVES, Mariana Schmitz; LEITE, Camilla Dandara Pereira; PONTARA, Bruna Vilas Bôas da Silva; SAMPAIO, Claudio Pereira de; SANTOS, Aguinaldo dos. Teorias de Sistemas Críticos para Diagnóstico de Grupos Sociais no Âmbito do Design. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 123-133, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.123-133>.

DATA DE ENVIO: 18/01/2020

DATA DE ACEITE: 02/02/2020

DESIGN & O VIR A SER: FUNDAMENTOS DE EDUCAÇÃO E ECOLOGIA ORIENTADOS PARA UM MUNDO EM TRANSFORMAÇÃO

DESIGN & BECOMING: EDUCATIONAL AND ECOLOGICAL FUNDAMENTALS DRIVEN TO A CHANGING WORLD.

MARLI TERESINHA EVERLING, Dra. | UNIVILLE

JOÃO SOBRAL, Dr. | UNIVILLE

ANNA CAVALCANTI, M.Sc. | UNIVILLE

RESUMO

O artigo visa aprofundar conceitos relacionados a educação, ecologia e design, no intuito de fundamentar ações educacionais e de capacitação profissional conduzidas no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade da Região de Joinville (PPGDesign/Univille) por meio dos projetos ETHOS (Design e relações de uso), ÍRIS (A imagem fotográfica e as ferramentas de concepção e desenvolvimento de projetos de artefatos tridimensionais), RE-CRIAR (As dimensões criativas do design para a sustentabilidade) e DESUS (Estudos e Ações Orientados para o Design, Sustentabilidade e Inovação Social), que atuam em colaboração por meio dos grupos HOMERO#3D (orientado para aspectos cognitivos e necessidades de pessoas cegas) e LECid (Laboratório de Estudos em Design Cidade). A metodologia considerou a revisão de abordagens ecológicas e educacionais (conectadas com os objetivos da discussão); os resultados apontam para a integração dos processos do design e da educação como estratégia de preparação e auto-educação dos cidadãos para a cultura do cuidado, bem como o potencial do design como agente da transformação requerida para a manutenção da vida e para o estabelecimento de consensos (ideacionais e comportamentais) que propiciem uma cultura material mais adequada em termos ecológicos (não apenas para a vida humana mas à biodiversidade).

PALAVRAS CHAVE: Design; Educação; Ecologia.

ABSTRACT

This paper aims to deepen concepts related to education, ecology and design in order to support educational and professional training actions conducted by the Graduate Program in Design of the University of the Joinville Region (PPGDesign/Univille) through projects like ETHOS (Design and user relationship), IRIS (Photographic image and conception tools driven to the development of three-dimensional projects), RE-CRIAR (The creative dimensions of design for sustainability), DESUS (Studies and Actions Oriented to Design, Sustainability and Social Innovation) working together through the groups HOMERO#3D (oriented towards cognitive aspects and blind people's needs) and LECid (City Design Studies Laboratory). The methodology relied on ecological and educational approaches (connected with the objectives of the discussion). The results integrate design and education processes as a strategy driven to citizens self-education for the culture of care, as well as the potential of design as an agent for life maintenance and the establishment of consensus (ideational and behavioral) that provide a more environmentally material culture (not only for human life but biodiversity).

KEY WORDS: Design; Education; Ecology.



1. INTRODUÇÃO

O projeto [ETHOS] Design e Relações de Uso, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade da Região de Joinville (PPGDesign/ Univille), possui sua teoria de fundamento na ergonomia e nos conceitos dela derivados como usuário, dimensão humana, usabilidade, design emocional, análise do contexto, compreensão da experiência do usuário, processos participativos e co-criativos.

A proposta vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Univille possui como escopo principal o design a partir da perspectiva de relações de uso, especialmente nos cenários indústria/serviços, público, social e educacional.

As essências da noção de Design e Relações de Uso apoiam-se: (i) no pensamento de Cross (2004), que situa a área dos desenhos/design ao lado das ciências e humanidades; (ii) nas discussões de Manzini (2014) acerca das características do design para um mundo em transformação; (iii) na conexão com a definição da Organização Mundial do Design (*World Design Organization/WDO*, web) que situa os desafios do design para além do desenvolvimento de produtos e serviços; (iv) nas discussões sobre design participativo de Sanders (2002, 2008)

As quatro abordagens se complementam na medida em que consideram o design como domínio do conhecimento com códigos, habilidades e métodos próprios (CROSS, 2004) favoráveis a atuação do designer como mediador dos processos criativos de equipes, bem como, o situa como desenvolvedor de instrumentos (participativos e co-criativos) possibilitadores do fluxo da criatividade das pessoas que não dispõem das mesmas habilidades que os designers, mas são especialistas da sua experiência e do problema que vivenciam (SANDERS e STAPPERS, 2008). Por fim, uma narrativa de design orientada para o futuro (como propõe a WDO e Ezio Manzini, 2014) situando problemas como oportunidades e posicionando o humano (ao que acrescentaríamos, a manutenção da vida) no centro dos processos de design, pode contribuir para delinear um modelo mental coletivo que afete concepções ideativas, comportamentais, e, conseqüentemente, de materialização de soluções por profissionais da área. Das concepções de Design de Manzini (2014) e da WDO absorveu-se, ainda, que: (i) o Design é um processo orientado para a qualificação do cotidiano por meio de produtos, sistemas, serviços e experiências preenchendo a lacuna entre 'o que é' e 'o que é possível'; (ii) designers consideram o humano como centro do processo e avaliam o impacto econômico, social e ambiental do seu trabalho; (iii) o design pode ser o catalisador para a criação de um mundo melhor para todos, mediando o processo e co-desenhando melhores condições de qualidade de vida (EVERLING, GODGIG, SOUZA, AZEVEDO, MUNHOZ, 2019).

Como escopo de relações de uso, optou-se por enfatizar: a dimensão humana, contexto de uso, noções associadas a cognição, aprendizagem, experiência, comportamento, usabilidade, interação, informação, uso prescrito versus uso real, abordagens como design centrado no usuário, design centrado no humano, design participativo, co-design, design para transformação, além de conceitos clássicos oriundos da ergonomia e do ergodesign entre outros (EVERLING, GODGIG, SOUZA, AZEVEDO, MUNHOZ, 2019).

Do mesmo modo que o 'Design e Relações de Uso' orienta as ações técnico científicas da equipe ETHOS, todas as ações de pesquisa, extensão e capacitação (vinculados ao Programa) das equipes docentes e discentes são alinhadas por projetos similares que, por vezes colaboram entre si para condução de atividades específicas. É o que ocorre entre os projetos ETHOS, ÍRIS e RE-CRIAR (para dar forma ao grupo de estudos 'HOMERO 3D') e entre os PROJETOS ETHOS, RE-CRIAR e DESUS (para conduzir ao Laboratório de Estudos em Design-Cidade [LECid]).

O grupo de Estudos HOMERO 3D é uma ação liderada pelo Projeto ÍRIS, que visa investigar a impressão 3D e seu potencial como recurso facilitador da aprendizagem de pessoas cegas. Dentre os projetos de estudantes da graduação e do mestrado associados ao grupo, dois possuíam ênfase educacional. Os resultados foram publicados por meio do artigo "Ver com as Mãos": A Tecnologia 3D Como Recurso Educativo Para 'Pessoas Cegas' (2015) que apontava a oportunidade de produção de conhecimento, elucidando como ocorre o processo cognitivo de pessoas cegas e como novas tecnologias podem contribuir; desta percepção decorreu o artigo 'Ver com as Mãos e Dar à Luz um Mundo: a Tecnologia 3D e suas Possibilidades Cognitivas para Pessoas Cegas' (2018) que indicava o potencial comunicacional e educacional da impressão 3D em relação a: (i) percepção gráfico-formal e sua contribuição com a memória; (ii) utilidade na construção de analogias para explicitar conceitos abstratos; (iii) possibilidades de converter informações impressas em sinais sonoros.

O LECid (registrado no CNPq) é uma ação coletiva entre os projetos ETHOS, DESUS e RE-CRIAR e possui ênfase nas dimensões sustentáveis dos espaços públicos e compartilhados; o projeto abriga pesquisas conduzidas por estudantes de graduação, bem como de mestrados do programa de pós-graduação em Design. Além disso se utiliza de oficinas para promover o cuidado com o espaço público. Em sua essência atua, sobretudo, com a capacitação e a sensibilização para o cuidado e a conservação do que é coletivo.

As propostas, além da ação conjunta, possuem em comum, a dimensão educacional e orientação para a inovação social, o que mobilizou estudos relacionados à educação. Em adição, a área de concentração do PPGDesign/Univille é a sustentabilidade caracterizando este conteúdo como transversal em todas as atividades. Esta abordagem é uma progressão de discussões iniciadas por meio dos artigos: “Design & ‘Vir-a-Ser’: Abordagens Participativas em Contextos Urbano-Sociais” (publicado na revista *Mix Sustentável*, 2019), e, “Design e o ‘Vir-a-Ser’: Relações de Uso em Contextos Urbano-Sociais” (publicado no *Ensus*/2019) agora com aprofundamento em abordagens relacionadas a sustentabilidade, ecologia e educação.

2. ECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE NO ÂMBITO DA REFLEXÃO

Quando Darwin escreveu sua obra a ‘Evolução das Espécies’ não pretendia associar ao termo evolução o significado ‘progressão’ ou ‘aperfeiçoamento’ e ‘melhoria inerente’. Em sua abordagem visava evidenciar a conexão e o inter-relacionamento entre as espécies e seu meio (seguindo premissas do campo científico utilizadas por Alexander Humboldt) que se adequavam em inter-dependência um ao outro.

Se este pensamento encontrava espaço no campo da biologia e da vida, o mesmo não ocorria no ambiente industrial e tecnológico, onde predominavam termos como ‘máquina’, ‘mecanização’, ‘funcionalidade’ e ‘produção em série’. Inicialmente predominante em fábricas, logo estas terminologias, conceitos e percepções de mundo extrapolaram para outras dimensões da vida (incluindo trabalho, moradia e alimentação). O otimismo que orientou as muitas inovações tecnológicas do século XIX e XX encontrou críticos, tão logo os efeitos colaterais desta visão opressora se fizeram visíveis. Dentre os vários críticos ao modo como o homem se relacionava com a natureza, foram selecionadas, para esta discussão, as contribuições de Capra (2014), Carson (2010) e Jacobs (2000).

Capra (2014) é autor de referência em virtude da transversalidade do tema sustentabilidade no PPGDesign/Univille. Princípios como abordagem sistêmica, sustentabilidade a vida, horizontalidade, atuação em rede, interconectividade, colaboração estão incorporados como conduta de pano de fundo em abordagem do projeto. Os fundamentos propostos por Jacobs (2000) fazem parte do escopo do grupo desde a sua criação, em virtude da abordagem do design no contexto urbano e, mais especialmente, pela observação dos comportamentos e dinâmicas de uso dos espaços públicos (EVERLING, GODGIG, SOUZA, AZEVEDO, MUNHOZ, 2019).

Carson é considerada por muitos, autora seminal de discussões orientadas para a interconexão e interdependência da vida. Talentosa com a escrita, formada em Biologia, com mestrado em Zoologia e com experiência profissional em instituições que lhe permitiram aprofundar conhecimentos relacionados a vida marinha e aos oceanos, escreveu três livros sobre a vida no mar, no ar e nos rios (e sua interconectividade), antes de publicar ‘Primavera Silenciosa’, sua obra de maior impacto para o pensamento ecológico (BARNET, 2018); os títulos traduzidos (em 2010, pela editora Gaia) destas obras são ‘Sobre o Mar e o Vento’ (1941), ‘O Mar que nos Cerca’ (1951), ‘A Beira Mar’ (1955) e já evidenciavam uma aguda percepção da interdependência dos eventos e fenômenos; ao mesmo tempo a autora usava uma narrativa literária que lhe permitia contar conceitos complexos em uma linguagem acessível e atraente para o público leigo. O livro ‘Primavera Silenciosa’ foi publicado em 1962, sendo, essencialmente, uma crítica ao uso de pesticidas e produtos químicos. Sua compreensão sobre o meio ambiente é importante para esta reflexão porque, além de ser ponto de inflexão da percepção dos impactos da atuação humana sobre a natureza, representou importante marco para mudanças governamentais e, sobretudo, na percepção sobre o frágil ponto de equilíbrio entre a nossa vida e de outros seres, mobilizando transformações reais.

Jacobs (2000), assim como Carson (2010) é considerada autora seminal, mas em outro campo: o do urbanismo e da ecologia urbana. Observadora natural, curiosa sobre a dinâmica das relações sociais e de uso que se estabeleciam no espaço urbano, exerceu o jornalismo e seu companheiro, arquiteto, lhe ofereceu o suporte e capacitação técnica necessários para interpretar plantas e elementos urbanos. Seus primeiros laboratórios de observação foram, o bairro em que morava, além de bairros de Nova Iorque e de outras cidades que visitava em virtude das matérias jornalísticas (BARNET, 2018). Autora do livro ‘Vida e Morte de Grandes Cidades Americanas’ (1962), sua inclusão no escopo de conteúdos com ênfase ecológica deriva do olhar crítico sobre a utilização dos princípios da produção em série para o desenho padronizado de cidades, bairros e conjuntos habitacionais, (priorizando sobretudo o fluxo dos automóveis); porém, o que foi definitivo para sua inclusão foi: (i) o olhar observador que a autora tem para as pessoas, seu entorno, seus relacionamentos, rotinas de uso; (ii) estudo das características que favorecem a vivacidade e segurança das ruas, (iii) percepção positiva da combinação de uso por motivos diversos (lazer, trabalho, permanência, encontrar em diferentes horários) mantendo os

olhos permanentes na rua e ampliando a segurança. Entre outros autores, influenciou David Lynch (1980), que discutiu a imagem da cidade, e, Jan Gehl (2013), urbanista que, com o apoio instrumental de sua esposa psicóloga, discutiu a cidade a partir da dimensão humana; estes autores se constituem em apoio para abordar aspectos relacionados ao contexto urbano no âmbito do LECid.

Enquanto Carson (2010) e Jacobs (2000), respectivamente, enfatizam a ecologia ambiental e urbana, o psicólogo e proponente da teoria do fluxo Mihaly Csikszentmihalyi (S/D), assim como Leonardo Boff (2012), está mais orientado para a ecologia do ser. O autor descreve o 'fluxo' como o equilíbrio ou sincronia adequada entre a complexidade do desafio proposto e o domínio de habilidades para responder a ele; Csikszentmihalyi (S/D) explica: quando desenvolvemos uma atividade que orienta a nossa atenção; quando nossas habilidades estão sintonizadas com o desempenho que devemos ter; quando temos feedback constante e quando sabemos os resultados que devemos alcançar, temos um contexto ideal para que ocorra o fluxo, ou seja, não temos muita consciência de separação entre nós e ação, porque estamos absorvidos por ela.

Para o autor, o estado natural da nossa mente é divagante, com pensamentos não focados e simultâneos que não nos trazem bem-estar. Quando desenvolvemos atividades que demandam concentração e atenção as sensações são mais prazerosas. Partindo desta premissa, estabelece uma analogia da 'evolução do ser' (self) com a teoria da evolução das espécies; em sua proposta para a manutenção da vida, precisamos libertar nossa mente dos genes (unidades genéticas que determinam os nossos comportamentos) e dos memes (unidades culturais que regem nosso comportamento) que influenciam nossas decisões e comportamentos e dificultam processos conscientes. Para o autor, podemos (não em curto prazo, mas em um plano para toda vida e para outras gerações) exercitar a permanência nesta janela consciente (livre dos genes e memes); ainda que seja por curtos tempos possíveis, mas que, em compromisso e exercício constante (para além de poucas gerações), poderá repercutir na evolução do ser, a exemplo do que ocorre com as espécies.

Esta hipótese tem relevância para esta abordagem, porque mudanças significativas no relacionamento com o meio ambiente, necessariamente, deverão passar por mudanças de comportamento. Csikszentmihalyi (S/D) considera que, apesar do desenvolvimento individual ser desafiador, a constituição de redes de apoio (associação entre pessoas com o mesmo compromisso) pode contribuir para que em um processo lento (assim como a evolução

das espécies) o ser (self) individual e coletivo possa, ao longo das gerações, passar por um processo de evolução similar. Essa progressão do ser não ocorre espontaneamente e a interdisciplinaridade, entre design e educação, pode contribuir com uma jornada neste sentido.

3. FUNDAMENTOS DA EDUCAÇÃO QUE CONECTAM COM OS OBJETIVOS DA PROPOSTA

Maria Montessori, médica italiana especializada em neurologia, já no início do século XX, propôs princípios educacionais que se aproximam do que hoje chamamos 'aprender fazendo' (*learning by doing*), procedimento absorvido pelas metodologias educacionais ativas, e por linhas educacionais da área do design. Montessori acreditava que a aprendizagem é parte do processo biológico e considerava o prazer de uma criança (à medida que aprende a se relacionar com o mundo) como evidência desta premissa. Propôs a manipulação concreta de objetos (ou de materiais pedagógicos concebidos com esta finalidade) e valorizou a interação com o espaço físico, elaboração de conceitos abstratos e atitudes (COSTA, 2001). Sua concepção pode contribuir com processos educacionais que incluam o que Leonardo Boff (2012) denomina como a ética do cuidado e da manutenção da vida; o mundo artificial construído, como nações, cidades, sistemas, serviços, moradias, objetos de nosso cotidiano, são construto físico decorrente das dimensões ideacionais e comportamentais da cultura. Concepções e comportamentos são concebidos a partir das abstrações derivadas da nossa interação com o mundo e, processos educacionais delineados para ação e reflexão de manutenção a vida, podem contribuir para a mobilização de grupos e indivíduos comprometidos com a evolução do que Mihaly Csikszentmihalyi (S/D) chama de 'ser (self) coletivo'.

Paulo Freire (1999, 2014), educador brasileiro, também se constitui em referência para atuação que parte do contexto do aprendiz. Suas obras mais conhecidas são a 'Pedagogia do Oprimido', a 'Pedagogia da Esperança' e a 'Pedagogia da Autonomia'. Eventualmente criticado pelo seu compromisso político com um visão progressista no campo social, suas obras mais relevantes para este estudo são a 'Pedagogia da Autonomia' e a 'Pedagogia da Esperança', porque centram o processo de aprendizagem no estudante, seu meio, seu contexto e sua autonomia, sensibilizando o aprendiz para o seu potencial como agente transformador da realidade. Sua abordagem, em alguns pontos, é semelhante a de Donald Schön (autor do livro 'Reflexão na Ação', 2000) por situar o professor como orientador, mobilizador e mediador das situações de aprendizagem, especialmente, quando se trata do

desenvolvimento de habilidades requeridas em atividades procedurais e, da elaboração /abstração de conceitos a partir da ação (no que se aproxima a proposta pedagógica de Montessori). Freire (1999, 2014), Schön (2000) e as essências de educação já presentes no pensamento de Montessori, contribuem com os processos pedagógicos que se pretende conduzir, no âmbito do PPGDesign, à medida em que os autores elaboram e iluminam a participação dos sujeitos envolvidos: o educador/mobilizador/mediador e o aprendiz.

4. CONEXÕES ENTRE SUSTENTABILIDADE, ECOLOGIA, EDUCAÇÃO E DESIGN

A manutenção da vida requer uma outra aproximação de design. Esta abordagem inclui compromisso com a disseminação de uma cultura ideacional e comportamental orientada para a sustentabilidade da vida. Harari (2014) considera que uma das características do Homo Sapiens é a habilidade de elaborar narrativas, ou em suas palavras, mitos (deuses, sistemas de escrita e cálculo, sistemas monetários e financeiros, corporações) em torno dos quais se estabelece uma crença consensual que favorece a colaboração. Csikszentmihalyi (S/D) defende que tomar parte ativa e consciente do processo evolucionário é a melhor forma de dar significado às nossas vidas no presente e, apreciar cada momento da jornada:

“o tempo da inocência é passado. Não é mais possível ser auto-indulgente; nossa espécie tornou-se muito poderosa para deixar-se conduzir apenas por instintos. O único valor que os seres humanos podem efetivamente compartilhar é a continuidade da vida no planeta. Esse é um objetivo que une interesses pessoais e coletivos. Nossa identidade como espécie deve ser preponderante sobre os interesses pessoais como fé, nação, família, ou individualidade e precisamos (conscientemente) escolher a direção que deve ser tomada para o futuro” (CSIKSZENTMIHALYI, S/D).

Para o autor, nossa mente deve ser alterada para que as necessidades do planeta como um todo se tornem nossa prioridade; entretanto, indaga: isso é possível? Podem as pessoas superar a orientação genética? Podemos desaprender os condicionamentos assimilados desde as primeiras horas de nossas vidas? Em sua análise, nossos valores, emoções e comportamentos são apropriados para espécies lutando entre si; entretanto, somos agora os pilotos da nave terra e necessitamos de atitudes, comportamentos e emoções apropriados para navegadores e pilotos. Para este papel necessitamos de um novo

conjunto de instruções com novos valores e objetivos que nos auxiliem nesta trajetória de desafios sem precedentes (CSIKSZENTMIHALYI, S/D).

Se elaborarmos novas narrativas (mitos) que incluam objetivos, atitudes, conceitos, comportamentos que priorizem a sustentabilidade da vida, o mundo artificial construído pelo homem (cultura material) será reflexo destas crenças. Uma forma de viabilizar o estabelecimento e a continuidade de novas narrativas é integrar o processo de design como o processo pedagógico visando uma estrutura educacional que privilegie conhecimentos/habilidades/atitudes que nos auxiliem a atuar de forma mais consciente sobre o mundo.

Em Montessori, Freire (1999, 2014), Capra (2014), Schön (2000) e Carson (2010) encontramos pistas como: (i) a proposição da manipulação concreta de materiais pedagógicos concebidos para a aprendizagem e a atenção ao espaço físico para, a partir desta interação, elaborar conceitos abstratos e atitudes; (ii) ancorar o processo educacional na realidade concreta dos aprendizes para elaborações abstratas de conceitos (começando com o que você tem no lugar de onde você está); (iii) associar o processo reflexivo à ação, ainda que, a partir da simulação dos conhecimentos procedurais inerentes às atividades profissionais (e no caso deste estudo, de cidadãos comprometidos com a manutenção da vida e do planeta); (iv) incluir a perspectiva pela abordagem sistêmica da vida, a horizontalidade das espécies, a explicitação da interconectividade dos eventos, a atuação em rede; paralelamente a colaboração na elaboração do conhecimento em prol da vida requer; (v) um olhar atento para a realidade como ela é, livre de teorias e conceitos pré-concebidos; um olhar sem tanta ênfase nos modos objetivos do saber, e mais orientado para a observação e sensibilidade, a exemplo da perspectiva assumida por Carson (2010) e Jacobs (2000) e do que propõe Sanders (2002) em suas abordagens participativas.

Se as abordagens de Capra (2014) e Carson (2010) contribuíram com uma compreensão sobre métodos a serem privilegiados, a abordagem de Jacobs (2000), reforçou o valor da observação contínua dos indivíduos e a atenção às dinâmicas das relações sociais e de uso que se estabelecem com ambiente, agora com ênfase no espaço urbano.

Abordagens recentes de design, no rastro dos resultados produzidos sobre a experiência nas ciências sociais (sociologia e antropologia), têm valorizado métodos e técnicas que visam compreender aspectos da experiência subjetiva em processos de interação com produtos, sistemas e serviços concebidos por designers. No campo da ergonomia estas abordagens já eram mais reconhecidas e latentes,

entretanto, em virtude da linguagem orientada para o mundo do trabalho (e por vezes da engenharia, administração, psicologia e ciências do corpo humano) os conceitos relacionados aos aspectos psicológicos, emocionais e afetivos encontravam menor repercussão entre designers. Este cenário está modificando à medida que estes conceitos são discutidos por designers em contextos mais próximos desta área, com exemplos e uma linguagem mais próxima a atuação do design, o que tem contribuído para abordagens de pesquisa em Design que valorizam a subjetividade.

A hipótese de Csikszentmihalyi (S/D) acerca de libertação da nossa mente da determinação dos genes e dos memes para a manutenção da vida, carrega em sua essência a observação que o compromisso e o exercício permanente de evolução do ser não se concretiza espontaneamente; entretanto o design se ocupa da configuração da cultura material e imaterial (ambas reflexos da cultura ideacional e comportamental); dispõem também, de instrumentos para participar da elaboração de narrativas coletivas de sustentabilidade a vida (a exemplo dos outros mitos por nós criados como deidades, sistemas financeiros e corporações, conforme Harari).

5. DESIGN E EDUCAÇÃO PARA UM MUNDO EM TRANSFORMAÇÃO

A conexão entre design e educação, encontrou na designer Kiran Sethi (web) uma pessoa atenta para propor uma síntese interessante. A designer indiana, a partir de desafios encontrados com adaptação escolar do seu filho, utilizou o processo de design e o adequou a um processo educacional orientado para a preparação dos cidadãos criativos que o futuro precisa, comprometidos com a transformação do seu meio. Para facilitar a compreensão de etapas próprias da área do design, os termos foram renomeados para 'Sentir', 'Imaginar' (similares as etapas 'ante-projeto', 'preparação', 'imersão', 'descobrir' de alguns processos de design), 'Fazer' (semelhante às etapas 'criar', 'projeto', 'desenvolvimento projetual' em processos de design) e 'Compartilhar' (etapa original da proposta visando o compartilhamento e disseminação das práticas educacionais) (EVERLING, GODGIG, SOUZA, AZEVEDO, MUNHOZ, 2019).

O processo pedagógico foi utilizado na escola criada por ela e sua verve ativista, associada a uma palestra de grande repercussão na plataforma TED (realizada em 2009) e a um modelo que pode ser facilmente acessado (disponível no link <https://www.dfcworld.com>) e replicado, tornaram seu trabalho conhecido (e disponível) entre professores em vários países. A única contrapartida requerida

por ela para utilização do modelo é o compartilhamento dos resultados obtidos na plataforma Design for Change; a inclusão desta etapa no processo contribui para a disseminação da sua estratégia pedagógica. Esta abordagem tem relevância pelo seu compromisso com um mundo em transformação; mais do que isso, em preparar os cidadãos do futuro para serem agentes de mudança e ponte entre 'o mundo que é' e 'o mundo que poderia ser' (EVERLING, GODGIG, SOUZA, AZEVEDO, MUNHOZ, 2019).

Ezio Manzini (2014) e Victor Margolin assim como *World Design Organization* (web) e outros pensadores do design, consideram que o design deve ser agente da transformação requerida para a manutenção da nossa espécie, da vida e do planeta. Kiran Sethi (web) desenvolveu um processo educacional que visa educar as crianças de hoje para serem estes cidadãos e agentes de mudança no lugar em que estão, com o que tem, em uma abordagem muito similar à da inovação social. Ao integrar os processos do design e da educação Sethi (web) se alinha com Ezio Manzini (2014), bem como, com a *World Design Organization* (web) e o pensamento educacional de Paulo Freire (1999, 2014); ambos consideram o potencial do design com agente da transformação requerida para a manutenção da nossa espécie, da vida e do planeta (SOBRAL, EVERLING, CAVALCANTI, 2019).

De acordo com Cross (2004), o design investiga e configura o mundo artificial resultante da atuação intencional humana. Esta definição de design é mais ampla e não restrita a concepção da profissão que vigora atualmente. Entretanto, cabe perfeitamente na discussão aqui conduzida. Em cada momento da nossa trajetória humana, este mundo artificial é reflexo de acordos e consensos coletivos que possuem maior relevância, significado e visibilidade ou consistência com nossas narrativas ou mitos que refletem o nosso mundo ideacional e comportamental.

Neste sentido, o ambiente escolar, os materiais de aprendizagem e os processos educacionais também são reflexos das narrativas que vigoram em cada momento. Uma narrativa emergente (e urgente para a manutenção da vida) é a alfabetização para o cuidado do(s) meio(s) em que vivemos, para atuação cidadã, protagonista, transformadora, regeneradora e mantenedora do lugar que habitamos, que se estende do entorno da nossa casa até os ambientes que são afetados pelos processos industriais e agrícolas, bem como sistemas que proveem nossa alimentação, nosso transporte, nossa comunicação e nosso conforto térmico. Precisamos aprender-a-aprender com autonomia e criticidade para que possamos nos 'auto educar' e 'auto capacitar' (e de acordo com

Csikszentmihalyi, 'auto evoluir') para contribuir com o nosso equilíbrio e a manutenção da vida em um mundo em constante transformação.

Ações educativas baseadas em jornadas de ações significativas (sincronizando desafios com o domínio das habilidades, feedback sobre as ações desempenhadas e clareza do objetivo pretendido, a exemplo do que propõe Csikszentmihalyi para propiciar o fluxo) conectadas com a elaboração/aprofundamento/disseminação de uma narrativa coletiva de sustentabilidade a vida (em torno da qual se estrutura a colaboração para efetivá-la) deve trazer em sua essência discussões ancoradas na realidade concreta dos aprendizes oportunizando a abstração de valores, crenças e atitudes de colaboração para a manutenção a vida, contribuindo com a preparação dos cidadãos que o futuro precisa. Estes processos educativos, em muito, são similares aos processos participativos de design.

A educação para o ser, poderia preparar o cidadão do futuro não para o consumo, não para a competição, mas para o autoconhecimento e compreensão do valor do patrimônio ecológico e da nossa própria trajetória, para além da vida humana, incluindo a variedade de seres que habitam este planeta. Pode ainda, ser portal para um salto em nossas mentes em direção a comportamentos e atitudes mais apropriados para as dinâmicas atuais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vivemos um cenário complexo, que exige a habilidade de colaborar e conviver para, coletivamente, consensuarmos e estabelecermos uma narrativa que nos leve para um futuro possível, enfrentando os desafios de manutenção que estão postos (e se renovarão). Este cenário, requer processos educativos de desenvolvimento menos ancorados no desempenho individual, no direito à posse e a satisfação de nossas necessidades egóicas e mais centrados no coletivo, na regeneração dos nossos laços sociais e com outros reinos (animal, vegetal e mineral) que compõem a casa que habitamos e que possibilita a nossa vida.

O artigo possibilitou aprofundar aspectos educacionais conectados com abordagens do PDesign/Univille oportunizando maior solidez a condução de práticas educacionais considerando que uma das vocações de um mestrado profissional é contribuir com a translação do conhecimento. Estudos sobre Montessori (COSTA, 2001), Freire (1999, 2014), Schön (2000) contribuíram com aportes relacionados a proposição de materiais pedagógicos considerando cenários reais de capacitação, bem como sobre a elaboração de conceitos (abstratos).

Leituras associadas a Capra (2014), Carson (2010) e Jacobs (2000) e Csikszentmihalyi (S/D) trouxeram elementos norteadores como abordagem sistêmica da vida, a horizontalidade das espécies, interconectividade dos eventos, atuação em rede, e, relevância da colaboração e da atuação em uma dimensão consciente para estabelecer consensos, atitudes e comportamentos mais conectados com uma abordagem ecológica.

Enquanto os artigos anteriores estruturados em torno da temática 'Design & Vir-a-ser' objetivavam fundamentar conceitos e a práxis do Design com ênfase em relações de uso e processos participativos, esta discussão visa fundamentar e orientar ações educacionais conduzidas pela equipe.

AGRADECIMENTOS

Ao Fundo de Amparo à Pesquisa da Univille (FAP/Univille) pelo financiamento das pesquisas.

À Adriane Shibata Santos e ao Projeto Desus com a parceria no LECid.

REFERÊNCIAS

- BOFF, Leonardo. O Cuidado Necessário - Na Vida, na Saúde, na Educação, na Ecologia, na Ética e na Espiritualidade. Petrópolis : Vozes. 2012.
- BARNET, Andrea. Visionary Women: How Rachel Carson, Jane Jacobs, Jane Goodall, and Alice Waters Changed our World. Harper Collins : 2018.
- CAPRA, Fritjof; LUISI, Pier. A Visão Sistêmica da Vida : Uma Concepção Unificada e suas Implicações Filosóficas, Políticas, Sociais e Econômicas. São Paulo : Cultrix. 2014.
- CAVALCANTI, Anna Luiza Moraes. Projeto RE-CRIAR - As dimensões criativas do design para a sustentabilidade. Joinville : Univille. 2017.
- CARSON, Rachel. Sob o Mar e Vento. São Paulo. Gaia. 2010.
- CARSON, Rachel. O Mar que nos cerca. São Paulo. Gaia. 2010
- CARSON, Rachel. Primavera Silenciosa. São Paulo. Gaia. 2010
- COSTA M. S. P. (1). Maria Montessori e seu método. Linhas Críticas, 7(13), 2001, pp. 305-320. <https://doi.org/10.26512/lc.v7i13.2914>
- CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. The Evolving Self - A Psychology for the Third Millennium. HaperPerennial. SD.
- CROSS, Nigel. Desenhante – Pensador do Desenho. Santa Maria : sCHDs. 2004.
- EVERLING, Marli Teresinha. Projeto ETHOS - Design &

Relações de Uso. Joinville : Univille. 2017.

EVERLING, Marli T.; GODGIG, Amanda, SOUZA, Amanda; AZEVEDO Beatriz; MUNHOZ, Camila. Design e o 'Vir-a-Ser': Relações de Uso em Contextos Urbano-Sociais. In: Anais [do] ENSUS 2019 - VI "Encontro de Sustentabilidade em Projeto Ensus. Florianópolis. 08 a 10 de maio de 2019a. PP 436-447.

EVERLING, Marli T.; GODGIG, Amanda, SOUZA, Amanda; AZEVEDO Beatriz; MUNHOZ, Camila. Design & 'Vir-a-Ser': Abordagens Participativas em Contextos Urbano-Sociais. In: Mix Sustentável (edição especial VII ENSUS). v. 5, n. 2 (2019)

FREIRE, Paulo. A Pedagogia da Autonomia - saberes necessários a prática educativa. 12ª impressão. São Paulo : Terra e Paz. 1999.

FREIRE, Paulo. A Pedagogia da Esperança. São Paulo : Terra e Paz. 2014.

GEHL, Jan. Cidades para Pessoas. Ed. Perspectiva. São Paulo, 2013.

HARARI, Yuval Noah. Homo Sapiens: Uma breve história da humanidade. Porto Alegre: LPM, 2014.

JACOBS, Jane, Morte e Vida e Grandes Cidades. São Paulo, Martins Fontes, 2000.

LYNCH, Kevin. A imagem da cidade. São Paulo: Martins Fontes, 1980.

MANZINI, Ezio. Download do Material Didático das palestras. 2014. Disponível em <http://www.ufrgs.br/ped2014/php/index.php>. Acesso em 29 jun. 2018.

MARGOLIN, Victor. A Política do Artificial - Ensaios e Estudos Sobre Design. Rio de Janeiro : Civilização Brasileira. 2014.

SANDERS, Elizabeth B.-N. From user-centered to participatory design approaches. In: FRASCARA, J. (Ed). Design and the social sciences, Taylor & Francis Books Limited, 2002.

SANDERS, Elizabeth B.-N; STAPPERS, Piter Jan. Probes, toolkits and prototypes: three approaches to making in codesigning. 2014. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15710882.2014.888183?journalCode=ncdn20>. Acesso em 16 jul. 2018.

SANDERS; Elizabeth B.; STAPPERS Pieter Jan. Co-creation and the new landscapes of design. 2008. Disponível em http://www.maketools.com/articlespapers/CoCreation_Sanders_Stappers_08_preprint.pdf. Acesso em 17 jul. 2018.

SETHI, Kiran. Design for Change. Disponível em www.dfworld.com. Acesso em 29 mai. 2018.

SCHÖN, Donald A. Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e aprendizagem. Porto

Alegre: Artmed, 2000.

SOBRAL, João Eduardo Chagas; CAVALCANTI, Anna Luiza Moraes de Sá; EVERLING, Marli Teresinha; 'Ver com as Mãos': A Tecnologia 3d Como Recurso Educativo Para Pessoas Cegas. In: Anais do 15º Ergodesign & Usihc [=Blucher Design Proceedings, vol. 2, num. 1]. São Paulo: Blucher, 2015. p. 1327-1335.

SOBRAL, João Eduardo Chagas; EVERLING, Marli Teresinha; CAVALCANTI, Anna Luiza Moraes de Sá; Ver com as mãos e dar à luz um mundo: a Tecnologia 3D e suas possibilidades cognitivas para pessoas cegas. In: Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación Nº83. Pp. pp. 179-192

SOBRAL, João Eduardo Chagas; EVERLING, Marli Teresinha; CAVALCANTI, Anna Luiza Moraes de Sá; Ações Estratégicas para Translação de Conhecimento entre Academia e Sociedade: um estudo de caso no âmbito do PPGDesign da Univille. Submetido e aprovado ao periódico Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación (em vias de publicação).

AUTORES

<https://orcid.org/0000-0002-1310-9502>

MARLI TERESINHA EVERLING, Dra. | Universidade da Região de Joinville - PPGDesign | Joinville | SC | BR | Correspondência para R. Paulo Malschitzki - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89219-710 | e-Mail: marli.everling@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5758-9985>

JOÃO EDUARDO CHAGAS SOBRAL, Dr. | Universidade da Região de Joinville – PPGDesign, Joinville | Correspondência para R. Paulo Malschitzki - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89219-710 | e-Mail: sobral41@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7396-6277>

ANNA LUIZA MORAES DE SÁ CAVALCANTI, M.Sc. | Universidade da Região de Joinville – PPGDesign, Joinville | Correspondência para R. Paulo Malschitzki - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89219-710 | e-Mail: anna.cavalcanti08@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

EVERLING, Marli Teresinha; SOBRAL, João; CAVALCANTI, Anna. Design & O Vir A Ser: Fundamentos de Educação e Ecologia Orientados para um Mundo em Transformação. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 135-143, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.135-143>

DATA DE ENVIO: 11/10/2019

DATA DE ACEITE: 07/02/2020

ACV SIMPLIFICADA E ANÁLISE DE EMISSÕES DE CO₂ EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO ARQUITETÔNICA

STREAMLINE LCA AND ANALYSIS OF CO₂ EMISSIONS IN ARCHITECTURAL SEALING SYSTEMS

THIAGO AUGUSTO CORLAITE LANA | UFMG

ANDRÉA FRANCO PEREIRA, Dra. | UFMG

RESUMO

Métodos que visam à quantificação dos impactos ambientais, como a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), têm sido considerados a melhor opção. Contudo, a ACV ainda é entendida como método oneroso para a prática projetual das edificações. Esta pesquisa propõe alternativa, empregando-se ACV simplificada, a partir da interpretação qualitativa do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) e da análise quantitativa das emissões de CO₂ dos processos envolvidos, relativa ao consumo de Energia Embutida dos materiais. São analisados dois sistemas construtivos, alvenaria de tijolos cerâmicos e drywall, como divisão interna de ambientes, em projeto padrão da Prefeitura de Belo Horizonte-MG. Os resultados foram obtidos com a aplicação da Matriz MET, ferramenta de ACV simplificada para análise ambiental baseada em: Materiais, Energia e Toxicidade. Os dados de consumo de energia e emissão de CO₂ foram obtidos em fontes secundárias. Conclui-se que o drywall demanda maior quantidade de energia em sua produção e apresenta maior emissão de CO₂, comparado ao tijolo cerâmico. A aplicação de ACV simplificada, em conjunto com dados quantitativos de energia e de emissões de CO₂, mostrou-se coerente para a avaliação dos impactos gerados nos dois sistemas, quanto ao aquecimento global, favorecendo a tomada de decisão.

PALAVRAS CHAVE: Análise de Ciclo de Vida, ACV Simplificada, Matriz MET, Alvenaria de tijolo cerâmico, Drywall

ABSTRACT

Methods that aim to quantify environmental impacts, such as the Life Cycle Assessment (LCA), have been considered the best option. However, LCA is still understood as a costly method for the project practice of buildings. This research proposes an alternative, using a streamline LCA, based on the qualitative interpretation of the Life Cycle Inventory (LCI) and the quantitative analysis of the CO₂ emissions of the involved processes, regarding the consumption of Embedded Energy of the materials. Two construction systems, ceramic brick masonry and drywall, have been analyzed as internal room division, in a standard project of the City Hall of Belo Horizonte-MG. The results have been obtained with the application of the MET Matrix, a streamline LCA tool for environmental analysis based on: Materials, Energy and Toxicity. Energy consumption and CO₂ emission data have been obtained from secondary sources. It is concluded that the drywall demands greater amount of energy in its production and presents greater emission of CO₂, compared to the ceramic brick. The application of streamline LCA together with quantitative energy and CO₂ emissions data has been shown to be coherent for assessing the impacts of both systems regarding to global warming, favoring decision making.

KEY WORDS: Life Cycle Analysis, Streamline LCA, MET Matrix, Ceramic brick masonry, Drywall



1. INTRODUÇÃO

A construção civil dispõe de vários tipos de sistemas construtivos para vedação e divisões internas para edificações. Alguns sistemas são construídos *in loco*, para os quais os insumos e componentes são levados à obra separadamente, preparados e montados no local definitivo. Neste grupo estão as alvenarias de tijolos e blocos cerâmicos, de concreto, entre outros. Outros sistemas são pré-fabricados, em que os principais elementos componentes são produzidos em fábricas, sob determinadas especificações, sendo necessária somente sua união no canteiro de obra. Neste grupo estão, por exemplo, os painéis de madeira, de concreto, metálicos (*drywall*, *steel framing*), entre outros.

O desempenho é um dos fatores preponderantes para nortear a escolha de um sistema construtivo. Para uma mesma situação, diversos sistemas podem apresentar desempenhos semelhantes, sem causar prejuízos ao cumprimento de suas funções. Entretanto, quanto aos aspectos ligados ao meio ambiente, sistemas diferentes podem apresentar potencial de impacto diferente, sendo sua escolha determinante para a minimização de tais impactos ambientais.

O propósito deste estudo é apresentar aos profissionais projetistas da construção civil (Arquitetos, Urbanistas e Engenheiros) uma maneira de integrar considerações ambientais – principalmente, quanto aos potenciais impactos resultantes dos processos de produção dos materiais empregados –, no planejamento do projeto e tomada de decisão, em relação aos sistemas construtivos.

A fabricação e emprego de produtos, ou sistemas de produtos, que provoquem menor impacto ao meio ambiente e que, ao mesmo tempo, favoreçam o desenvolvimento econômico, são vistos atualmente como desafio para Desenvolvimento Sustentável. Nesse sentido, métodos que visam à quantificação dos impactos, em suas diversas categorias, tais como a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) definida pelas Normas ISO 14040 (ABNT, 2009a), têm sido considerados a melhor opção.

É cada vez mais corrente a aplicação da ACV em produtos para a construção civil, visando à elaboração de inventários de subsistemas de produtos (SOARES; PEREIRA, 2004) a fim de se aprimorar o desenvolvimento de bancos de dados que facilitem estudos de ACV. Mas, também, surgem trabalhos que buscam o estudo completo de ACV, seja para subsidiar a escolha de determinado material de construção a partir da análise dos impactos em várias categorias, tais como o uso de recursos naturais, riscos à saúde, efeito estufa, chuva ácida, toxicidade humana, consumo de energia e de água (MARQUES; GOMES; KERN, 2016),

seja para analisar os potenciais impactos ambientais, igualmente em várias categorias, na construção de um edifício inteiro (MEDEIROS; DURANTE; CALLEJAS, 2018).

Entretanto, do ponto de vista da atividade projetual, a ACV ainda é entendida como método oneroso em conhecimento técnico e tempo. Assim, esta pesquisa busca apresentar alternativa intermediária, empregando-se ACV simplificada, ou seja, a interpretação qualitativa do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), adicionando-se análises quantitativas sobre as emissões de gás carbônico (CO₂) dos processos envolvidos. Albuquerque, Lira e Spoto (2018) consideraram, igualmente, a abordagem simplificada para análise das emissões de CO₂ com vistas à tomada de decisão quanto aos processos de aplicação de argamassa em revestimentos de paredes. Em outro estudo, Caldas e Spoto (2017), bem como Condeixa *et al.* (2015), investigaram as emissões de CO₂, limitando-se ao transporte dos materiais.

Sendo assim, este trabalho busca comparar potenciais impactos, ligados ao aquecimento global, ou seja, à emissão de CO₂, a partir da aplicação simplificada do método de ACV. A aplicação simplificada do método de ACV se justifica neste trabalho como alternativa, contribuindo para tomada de decisão em projeto, face às dificuldades de obtenção de dados quantitativos aprofundados, relativos a todos os processos envolvidos no sistema.

O trabalho resulta de pesquisa sobre análise do ICV de dois sistemas construtivos: alvenaria de tijolos cerâmicos e sistema *drywall* (parede seca), tomando-se como referência a função de vedação e divisão de ambientes internos em um projeto padrão da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), Minas Gerais, como forma de subsidiar decisões de construção mais adequadas em termos ambientais.

Empregou-se a Matriz MET (Materiais, Energia e Toxicidade), proposta por Brezet e van Hemel (1997), como ferramenta para demonstração dos resultados. Não obstante, com o objetivo de se chegar a resultados mais confiáveis e mais robustos, o conceito de Energia Embutida (EE) foi utilizado como fonte de dados quantitativos sobre o consumo de energia para a transformação dos materiais, e foram utilizados os dados do Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não-Metálicos (BRASIL, 2017a) e do Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico (BRASIL, 2017b) para o cálculo das emissões de CO₂.

2. CONCEITUAÇÃO

2.1. Avaliação do Ciclo de Vida e Matriz MET

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a), a ACV é um método de estudo de impactos ambientais, efeitos de processos participantes da fabricação,

uso e descarte de um produto ou serviço. As informações de consumo dos mais diversos materiais, dos gastos energéticos de variadas fontes, assim como a emissão de poluentes, em qualquer fase referente à produção, uso, descarte ou reuso de determinado produto são importantes para se entender o ciclo de vida de um sistema de produto. O sistema de produto é formado por processos, em que há entrada de insumos (matérias-primas e energia) e saídas (produtos intermediários, resíduos sólidos, líquidos e gasosos). Os transportes também devem fazer parte como processos do sistema.

O estudo da ACV é composto de quatro fases: Objetivo e Escopo; Análise de Inventário de Ciclo de Vida (ICV); Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida (AICV) e Interpretação da ACV. A abrangência do estudo pode variar para cada caso.

No escopo é definido o sistema de produto a ser estudado, os objetivos do desenvolvimento da ACV e a qual público é destinado o resultado do estudo. Também são definidos os limites da fronteira do sistema (“berço ao túmulo”, “berço ao portão”, “portão ao túmulo” etc.) e a “unidade funcional”, referência de medida para os dados de fluxos de entrada e saída de material, energia e resíduo, relativos à função que o sistema exerce.

A Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV) é a fase que contempla a identificação dos processos envolvidos e a busca dos dados relevantes para o estudo. São os dados de entrada e saída, associados aos sistemas ou subsistemas do produto e são referentes à unidade funcional. Os dados de emissões gasosas são apresentados em unidades de massa, Quilograma (kg), Tonelada (t), e podem ser referidos em equivalência ao CO₂, no caso, por exemplo, da avaliação do impacto relativo ao aquecimento global. Os gastos energéticos são apresentados em MJ/kg (MegaJoule por Quilo) ou GJ/kg (GigaJoule por Quilo). “Em alguns casos, o objetivo de uma ACV pode ser alcançado através da realização apenas de uma análise de inventário e de uma interpretação. Esse procedimento é usualmente denominado estudo de ICV” (ABNT, 2009a).

Na fase de Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida (AICV), os dados compilados são distribuídos e analisados dentro de categorias de impactos ambientais. No caso das emissões dos gases de efeito estufa (GEE) cada substância presente no processo, possui relevâncias diferentes dentro da mesma categoria de impacto ambiental, por exemplo, aquecimento global. Neste caso, a elas são dados valores equivalentes ao CO₂ como referência base, porém seus pesos são de acordo com a proporção de seus efeitos ao meio ambiente (ZBICIŃSKI *et al.*, 2006).

Ao final, a Interpretação de uma ACV depende de todas as outras fases anteriores e pode servir como base para variados enfoques.

A Matriz MET (BREZET; VAN HEMEL, 1997) é uma ferramenta simplificada de ACV, baseada na análise de dois potenciais impactos ambientais (gastos energéticos – E, e emissão de poluentes – T), gerados em cada etapa do ciclo de produção (extração, beneficiamento e processamento de cada material – M) de componentes de coprodutos do produto final, ou do próprio produto final (Quadro 1). Para Bhamra e Lofthouse (2007), o objetivo do método é possibilitar aos designers de produto e projetistas a identificação e entendimento quanto aos problemas ambientais associados aos produtos em cada fase de sua produção. A Matriz MET propõe uma análise, sobretudo, qualitativa dos fluxos de entrada de insumos e energia, e saída de resíduos que compõem todos os estágios de um sistema de produto (BHAMRA; LOFTHOUSE, 2007). A ferramenta segue os mesmos requisitos da ACV, contudo, ao final, são analisadas as informações qualitativas e, quando possível, calculado o balanço geral dos fluxos de entradas e saídas, simplificando a análise e, portanto, exigindo menor precisão dos dados.

2.2. Energia Embutida em materiais da construção civil

Para a obtenção de dados quanto aos gastos energéticos na produção e transporte de matérias-primas, coprodutos e produtos finais, foi usado o conceito de Energia Embutida ou Energia Incorporada.

A Energia Embutida (EE), segundo Tavares (2006) é o somatório da energia utilizada nos processos de produção, distribuição, uso, descarte ou reuso de um produto.

Tavares (2006) chama todo este consumo energético dentro do ciclo de vida de um produto de Energia total (Figura 1). O ciclo de vida energético é dividido em EE Inicial, EE de Manutenção e EE de Desconstrução.

A EE Inicial é dividida em direta e indireta. A direta está relacionada ao consumo de energia na produção do produto dentro da fábrica, enquanto que a indireta é a energia consumida na extração, transformação e transporte de matérias-primas para as fábricas e para as obras onde serão consumidos. A EE de Manutenção é o consumo relacionado a reformas em vista da manutenção dos produtos/edificações, requerendo a aquisição de novos produtos e, por consequência, transporte. Na EE de Desconstrução estão os gastos energéticos que envolvem a demolição, o descarte ou o reuso dos materiais (TAVARES, 2006).

O cálculo de EE é obtido de quatro maneiras (TAVARES, 2006): a) Análise de Processo, b) Análise Estatística, c)

		M - Materiais (Entrada e Saída)	E - Energia (Entrada)	T - Toxicidade Saída (Emissões)
Produção e Fornecimento de todos os materiais e componentes				
Fabricação: Produção interna				
Distribuição				
Uso:	Operação			
	Manutenção			
Sistema de fim de vida: Recuperação e Eliminação	Recuperação			
	Eliminação			

Quadro 1- Matriz MET
Fonte: ZBICÍŃSKI et al., 2006.

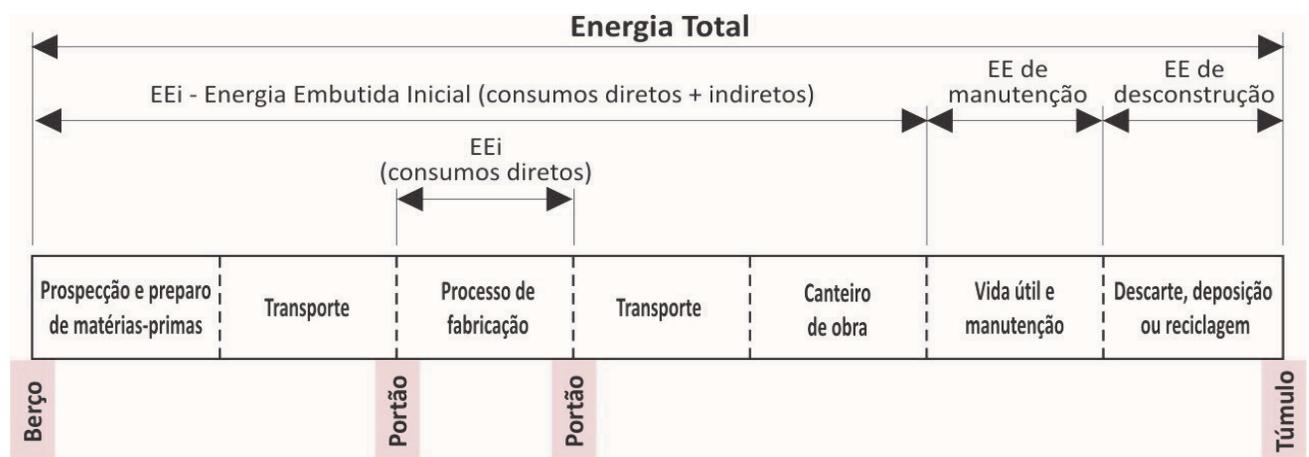


Figura 1- Ciclo de vida energético de uma edificação
Fonte: TAVARES, 2006.

Análise por Matrizes de Insumo x Produto e d) Análise Híbrida. A *Análise de Processo* demanda um detalhamento minucioso das etapas de fabricação de um produto, discriminando todas as entradas de matérias-primas e energia em sua transformação e transporte, assim como a emissões de poluentes. É necessário apresentar as fronteiras do sistema de análise, assemelhando ao estudo da ACV. A *Análise Estatística* requer a utilização de dados apresentados pelas fábricas e órgãos do governo sobre o consumo energético e as matrizes energéticas presentes nos processos industriais. A *Análise por Matrizes de Insumo x Produto* é uma relação entre consumos energéticos (MJ) e dados financeiros (R\$). A Análise Híbrida é a soma das vantagens das análises anteriores.

Segundo Tavares (2006), para melhor entendimento sobre o uso de energia nas etapas da construção das edificações, faz-se necessário criar subdivisões das etapas de ciclo de vida. São três as subdivisões: Fase Pré-Operacional, relacionada ao gasto energético de toda a construção da edificação; Fase Operacional, ligada à maneira de uso da energia na operação da edificação; e

Fase Pós-Operacional, quando da demanda de reforma ou demolição da edificação, atento ao reuso e reciclagem de materiais. Nos cálculos da Fase Pré-Operacional, são inseridos a energia consumida na prospecção, fabricação e transporte de insumos para as fábricas, a energia consumida na fabricação e transporte dos materiais de construção, o transporte de trabalhadores, desperdício de materiais e transporte de resíduos. Na Fase Operacional, estão o consumo de energia para a reposição de material, energia consumida por eletrodomésticos e de cocção de alimentos. Na Fase Pós-Operacional, concentra-se a energia consumida na demolição, remoção e transporte de entulho.

Para a análise e cálculo da energia embutida em materiais da construção civil de maior destaque em quantidade de uso (cimento, cerâmica vermelha, aço entre outros), Tavares (2006) utilizou análises de processos e estatísticas para o levantamento das estimativas. As análises levaram em consideração os dados apresentados por órgãos representantes ou de representatividade dentro dos setores (Análise Estatística) e por levantamento de dados de empresas do ramo (Análise de Processos).

2.3. Sistemas de vedação tijolo cerâmico e *drywall*

O elemento construtivo utilizado neste estudo diz respeito a paredes verticais de vedação interna sem função estrutural. Dois sistemas são estudados: a) alvenaria de vedação de tijolo cerâmico assentada com argamassa composta por cimento, areia e cal e b) sistema de vedação tipo parede seca, conhecida como *drywall*, composta por estrutura de aço galvanizado, fechada por placas de gesso acartonado e preenchidas internamente por material com função isolante térmica e absorção sonora.

2.3.1. Alvenaria de Tijolo Cerâmico

De acordo com Salgado (2009), alvenaria é a composição de elementos como tijolos e blocos unidos entre si por um outro elemento de ligação (argamassa), formando um conjunto monolítico e estável. A alvenaria estudada neste trabalho tem como elemento base o tijolo cerâmico composto principalmente por argila (Figura 2).



Figura 2- Tijolo Cerâmico
Fonte: ORLANDIN, [sem data].

As especificações e dimensões dos blocos cerâmicos são definidas pela Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15270 (ABNT, 2017a).

Os insumos utilizados neste sistema construtivo são: argila (na fabricação do tijolo cerâmico), cimento, areia, cal e água.

Argila é um material composto basicamente por silicatos de alumínio hidratado, fruto da desintegração de rochas ígneas sob a ação do intemperismo (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002). Segundo Ambrozewicz (2012), a argila é extraída por escavação. O material extraído é levado para depuração onde ocorre a lavagem para retirada de

impurezas por processos de suspensão, sedimentação e filtragem. O material ainda é submetido aos processos de peneiramento, trituração em moinhos e mistura, para obter um material homogêneo. A moldagem dos tijolos cerâmicos do tipo furados acontece por extrusão. Após a moldagem, os tijolos são armazenados para, em seguida, serem submetidos ao processo da queima.

Cimento, de acordo com Ribeiro, Pinto e Starling (2002), é um pó fino acinzentado, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio que em contato com água hidratam formando uma pasta moldável e resistente, capaz de aglutinar outros materiais como os agregados e desenvolver grande resistência mecânica ao longo do tempo. A matéria-prima principal do cimento é o calcário. A extração da rocha de calcário envolve a retirada da vegetação, desmonte por explosivos, transporte de material para as usinas de processamento e britagem. A este são adicionados argila, alumina, óxido de ferro para facilitar a formação de silicatos de cálcio. Estes minerais passam por processos de britagem, moagem e mistura, alimentados por energia elétrica, para garantir a homogeneização da mistura antes de ser levada para a queima (MEHTA; MONTEIRO, 2008). A queima é feita em forno rotativo, processo denominado clinquerização. Neste processo a mistura é aquecida a temperaturas entre 1450 a 1550°C, formando pelotas chamadas clínquer que, depois de resfriadas, são moídas para atingir a granulometria necessária. No processo de moagem é adicionado gipsita ou sulfato de cálcio para controlar as reações do cimento. Os fornos utilizam combustíveis fósseis como fonte de energia, sendo necessário 800kcal por kg de clínquer produzido.

Areia é considerada um agregado, pois é adicionada à mistura dos aglomerantes com água para compor argamassas e concreto, proporcionando resistência mecânica. Trata-se de um agregado natural, resultado da fragmentação de rochas compostas por diversos minerais, submetidas ao intemperismo (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002). Segundo Mehta e Monteiro (2008), os agregados podem ser oriundos de rejeitos industriais, escória de alto-forno e concreto reciclado. Os agregados são classificados de acordo com a obtenção, massa unitária, dimensão dos grãos, além de outras características. No caso da areia, sua extração acontece em jazidas de leitos de rios (areiros) ou em cavas. A areia pode ser dragada por sucção ou extraída pelo desmonte de rochas por meio de abrasão hidráulica, para, posteriormente, ser peneirada e armazenada em pátios de estocagem.

A cal é derivada da rocha calcária, que é moída e levada a fornos onde é submetida a altas temperaturas, sofrendo o processo de calcinação, formando os óxidos de cálcio

(RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002). Estes são chamados “cal viva”, que somente é adequado para a construção, com vista a aumentar plasticidade da argamassa, quando se transforma em hidróxido, por meio de sua hidratação, ou seja, adição de água ao material, formando a cal hidratada (BAUER, 2016). A fabricação da cal pode acontecer em fornos rotativos, alimentados a gás, ou em processos mais primitivos tais como o forno de meda, alimentado por energia de carvão vegetal, e fornos de campanha e intermitentes, nos quais a lenha é utilizada como fonte de energia (BAUER, 2016).

2.3.2. Sistema *drywall*

A parede de *drywall* é constituída por uma estrutura de perfis de aço galvanizado na qual são aparafusadas, em ambos os lados, placas de gesso acartonado (Figura 3). A parede pode ser preenchida internamente com lã de rocha ou de vidro para aumentar a eficiência do condicionamento térmico e acústico. A vedação das frestas é feita com massa específica para o sistema. É chamada de construção “a seco”, pois, na execução da obra, não há utilização de água.

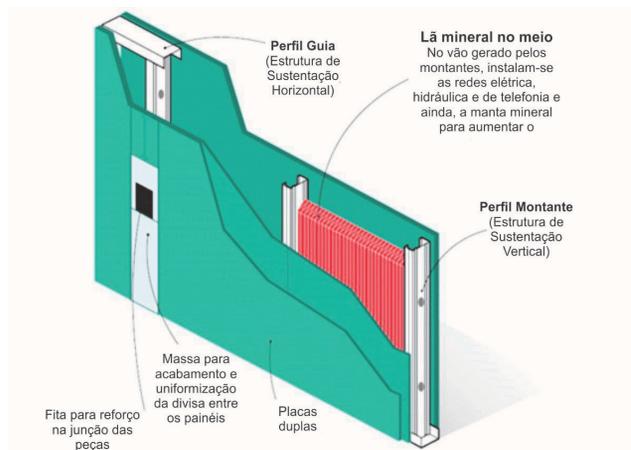


Figura 3- Esquema do funcionamento da parede *Drywall*
Fonte: DRYWALL, [sem data].

Os tipos de placas de gesso disponíveis no mercado são: ST - para paredes em áreas secas, RU - para paredes em áreas expostas à umidade por tempo limitado e RF - para paredes com placas resistentes a fogo (PLACO Saint-Gobain, 2014).

As placas têm espessuras de 9,5mm, 12,5mm e 15mm, comprimentos de 1800 a 3600mm e largura de 600 e 1200mm e são constituídas de gesso hidratado prensado e encapado por duas lâminas de papel cartão especial (ASSOCIAÇÃO DRYWALL, 2006).

O gesso é um aglomerante, de elevada finura, fruto do processo de desidratação do mineral gipsita por calcinação. É constituído de sulfatos hidratados e anidros de cálcio, além de impurezas como sílica, alumina, óxido de ferro,

carbonatos de cálcio e magnésio. Quando misturado com a água, endurece em razão da formação de cristais de sulfato hidratados. Sua fabricação acontece por processos de aquecimento em fornos de marmitta ou rotativos (BAUER, 2016).

O papel é uma substância formada por fibras vegetais submetidas a processos físicos e químicos, cuja principal matéria-prima é a celulose. As árvores são as principais fontes para a extração da celulose. A produção envolve o corte da árvore, limpeza de ramos e folhas dos troncos, retirada da casca, trituração para produção de cavacos e cozimento dos cavacos para separação de celulose e lignina. A pasta contendo celulose, marrom, pode ou não passar por processo de branqueamento. A pasta de celulose é levada a refinadores e, posteriormente, prensada para a retirada de água. Em seguida, há ciclo de secagem em sucessivos cilindros, transformando a pasta em papel, que receberá aplicação de produtos químicos para reduzir os diâmetros de seus poros, dificultando a entrada de líquidos, gases e outros vapores. Por fim, o papel passa por calandras para adquirir acabamento e espessuras desejadas (SANTOS et al., 2001).

Os perfis de aço galvanizado são utilizados nas guias e nos montantes do *drywall*. Guias são em perfis de formato “U”, a serem fixados nos elementos da edificação como lajes, vigas, pilares ou paredes. Montantes são perfis em formato “C”, “I” ou “H”, fixados ao longo das guias em espaçamentos de 400 a 600mm para a estruturação da parede e fixação das placas de gesso acartonado. Os perfis são fornecidos em chapas de aço de 0,5mm de espessura, larguras variadas entre 30 a 88,5mm e são vendidos em comprimento de 3 metros.

Aço é uma liga metálica constituída de ferro e carbono. A extração nas jazidas de minério de ferro acontece pelo desmonte, carregamento do produto por tratores e caminhões para as áreas de beneficiamento. No processo de extração, o minério de ferro apresenta granulometrias variadas, principalmente de grãos finos, inadequados para a utilização em alto-forno. Assim, estes grãos finos podem ser submetidos a dois processos de concentração: a sinterização e a pelletização (este último assumido cada vez mais pelas mineradoras). O aço é fabricado por dois tipos de usinas: usinas integradas a coque de carvão mineral e as usinas semi-integradas. Nas usinas integradas a coque, a transformação do minério de ferro em ferro-gusa e, posteriormente, em aço acontece na mesma área industrial. O minério de ferro, em pelotas ou sínter, é colocado no alto-forno junto com o coque de carvão mineral ou carvão vegetal (no caso da indústria brasileira). As reações entre o óxido de ferro e o carbono presente no aço liberam calor necessário para a fusão do minério, formando o ferro-gusa líquido (usinas semi-integradas não

possuem esta fase). O ferro-gusa líquido é transportado para a aciaria onde é transformado em aço em forno por conversor a oxigênio chamado Linz-Donawitz (LD) ou forno elétrico a arco (usinas semi-integradas). O aço é, então, conformado em chapas e barras, por processos mecânicos de laminação, para a sua comercialização em forma de chapas, bobinas, vergalhões, barras e perfis (CGEE 2010).

Os elementos que compõem o sistema *drywall* devem atender aos requisitos definidos por Normas técnicas NBR 15217, NBR 14715-2 e NBR 15758-1 (ABNT, 2018; ABNT, 2010; ABNT, 2009b).

O sistema utiliza, também, parafusos de aço para a união das peças, cantoneiras para reforço de regiões na parede que serão solicitadas com grandes pesos, fita adesiva e massa para as juntas.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada apóia-se na aplicação de duas das etapas do método de ACV: Objetivo e Escopo e Análise de Inventário de Ciclo de Vida (ICV).

Para tanto, a pesquisa foi realizada tendo como objeto de estudo um projeto padrão de residência unifamiliar de três quartos, disponibilizado pela Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), Minas Gerais.

A PBH disponibiliza em seu site projetos padrões de edificações residenciais unifamiliares de até 70m². Estes projetos, previstos em legislação municipal, exige o cidadão da contratação de responsável técnico para a execução do projeto arquitetônico, bem como dos custos de licenciamento do projeto. São disponibilizados 15 projetos padrões, de 1, 2, 3 e 4 quartos, em diferentes configurações de layout dos espaços internos.

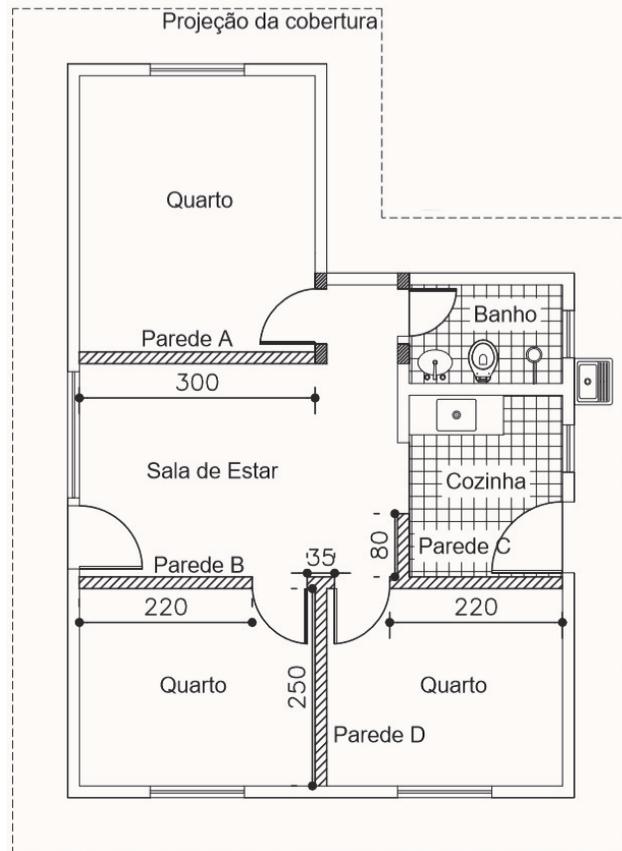
O projeto padrão ora estudado possui três quartos, sala de estar, cozinha, banheiro e área de tanque (Figura 4).

O Quadro 2 mostra as dimensões das paredes A, B, C e D consideradas neste estudo (alvenarias internas não estruturais, representadas com hachuras na Figura 4).

A Matriz MET (Materiais, Energia e Toxicidade) é empregada como ferramenta para demonstração dos resultados. Sendo assim, os dados são considerados no quesito Materiais, em que é calculado o consumo de matéria-prima a partir de dados primários; no quesito Energia, para o qual é tomada a referência de Energia Embutida (EE) dos materiais de construção (Quadro 3) para o cálculo; e no quesito Toxicidade, para o qual são calculadas as de emissões de CO₂, de acordo com o Quadro 4.

O Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não-Metálicos - ano base 2016 (BRASIL, 2017a), apresenta as emissões de CO₂ na fabricação do cimento, cerâmica

vermelha, cal e gesso. A informação sobre as emissões pela produção do aço é apresentada no Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico - ano base 2016 (BRASIL, 2017b).



Nome da Parede	Dimensões	Área
Parede A	3,00 x 2,60 m	7,80 m ²
Parede B	2,20 x 2,60 m	5,72 m ²
Parede C	3,00 x 2,60 m	7,80 m ²
Parede D	2,85* x 2,60 m	7,41 m ²
Total de área de parede		28,73 m ²

*Foi somado 2,50 m + 0,35 m; Pé direito = 2,6 m

Figura 4- Projeto padrão - Residência Unifamiliar de 3 Quartos/PBH

Quadro 2- Dimensões e áreas das paredes internas

Fonte: Site da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH, [sem data]). Adaptado pelos autores.

Materiais	EE (MJ/kg)
Aço – chapa galvanizada	33,80
Areia	0,05
Argamassa (mistura)	2,10
Cal Hidratada	3,00
Cerâmica – tijolo 8 furos	2,90
Cimento Portland	4,20
Gesso Acartonado	6,10
Placa de gesso	4,50

Quadro 3- Energia Embutida em materiais de construção

Fonte: TAVARES, 2006. Adaptado pelos autores.

Material	Emissão de kg CO ₂ /t
Aço	2.020*
Areia	2,28***
Cal	1.100**
Cerâmica Vermelha	185**
Cimento	700**
Gesso Acartonado	766,4****

Quadro 4- Emissões de CO₂

Fonte: *BRASIL, 2017a; **BRASIL, 2017b; *** TAVARES (2006); ****COSTA (2012).

3.1. Objetivo e escopo da ACV

O objetivo deste estudo de ACV é comparar as entradas de materiais e energia e as emissões de CO₂ de dois sistemas de vedação, alvenaria de tijolo cerâmico e *drywall*, para a construção de paredes em projeto padrão de três quartos da PBH, a partir da análise dos inventários de ciclo de vida de ambos os sistemas.

A unidade funcional adotada no estudo corresponde à soma total das áreas das paredes definidas (Quadro 2), ou seja, 28,73 m².

A fronteira do sistema, tanto da parede de alvenaria de tijolos cerâmicos, quanto da parede *drywall*, está limitada

aos processos de a) fornecimento de matéria-prima e fabricação de insumos e componentes e b) distribuição para a obra e montagem, como mostram as Figuras 5 e 6, ou seja “berço ao portão” (*cradle to gate*).

A aquisição das matérias-primas, beneficiamento e transportes de uma etapa, estão contidos nos valores finais da Energia Embutida e de Emissão de CO₂, dos materiais apresentados nos fluxogramas de cada sistema (Figuras 5 e 6). Os gastos energéticos e emissões de CO₂ gerados pelo transporte dos materiais até à obra não são contemplados, pois não foi considerado o local da obra.

As fases de uso e pós-uso não são contempladas pelos limites do sistema.

A água, necessária aos processos de fabricação dos tijolos e do gesso, assim como na montagem da alvenaria de tijolo cerâmico, não é considerada, pois não foram obtidos dados suficientes para a abordagem quantitativa sobre seu uso dentro dos processos de fabricação e montagem dos sistemas. O papelão utilizado na fabricação das placas de gesso acartonado também não é abordado no estudo, pois não foram obtidos dados suficientes.

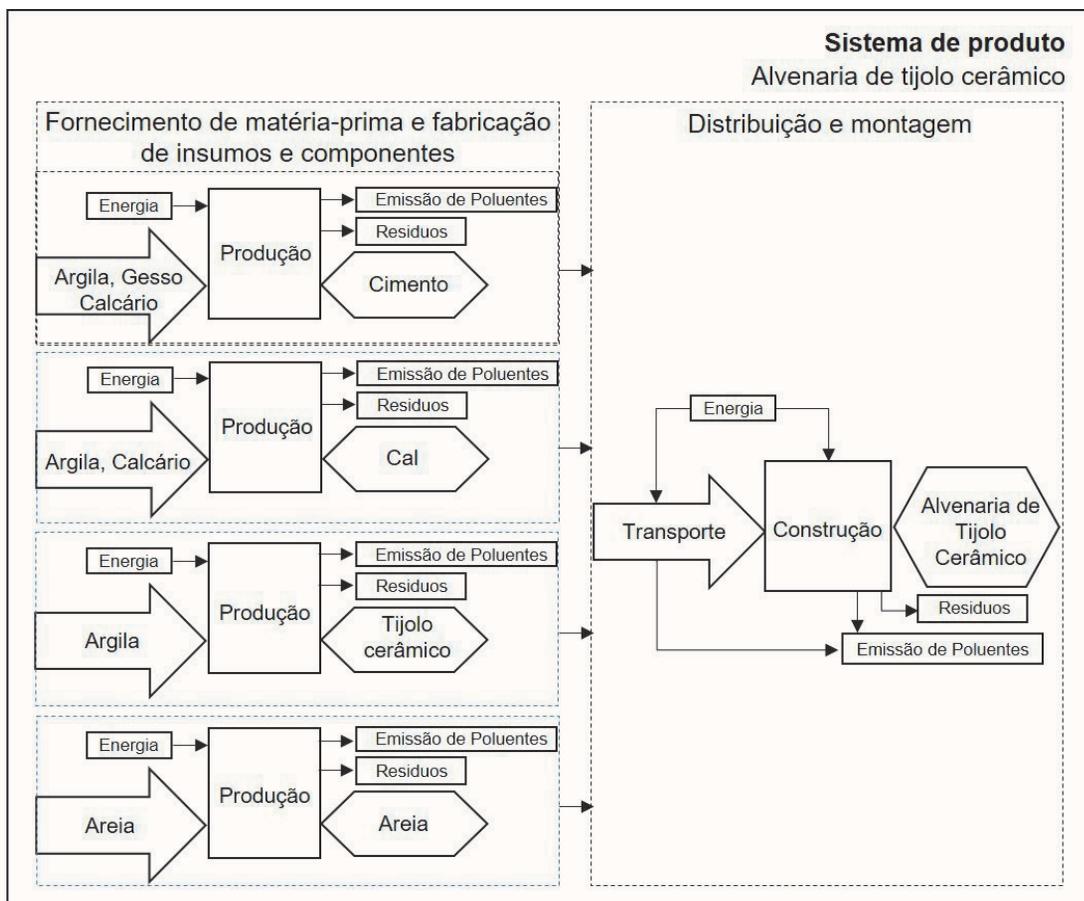


Figura 5- Fluxograma do sistema de alvenaria de tijolo cerâmico

Fonte: Elaborado pelos autores.

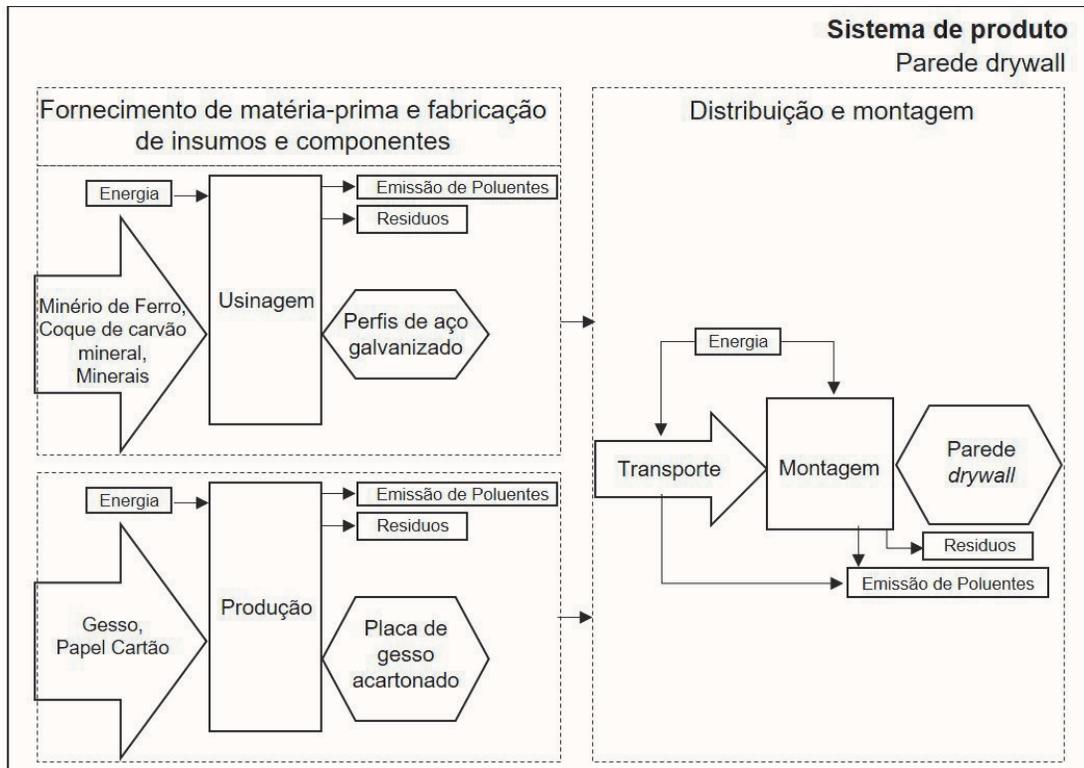


Figura 6- Fluxograma do sistema de parede drywall
Fonte: Elaborado pelos autores.

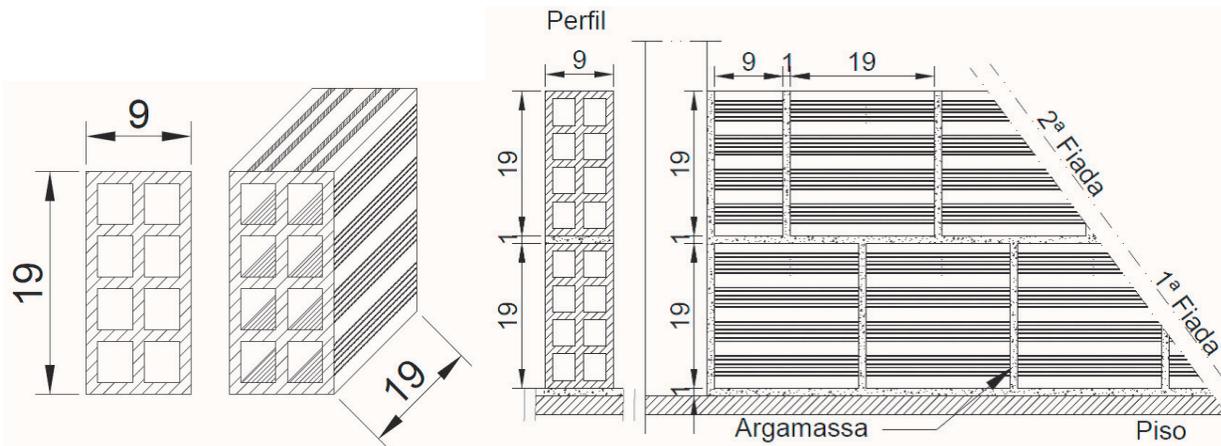


Figura 7- Tijolo cerâmico e montagem da parede de alvenaria
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Inventário do Ciclo de Vida da parede de alvenaria de tijolo cerâmico

A construção da parede de alvenaria de tijolo cerâmico deste estudo segue as configurações apresentadas nas Figuras 7 e 8, bem como no Quadro 5.

Os tijolos cerâmicos são assentados com os furos na posição horizontal, na sua menor dimensão (Figura 7). Neste trabalho, adota-se o valor de 25 un/m², sem a taxa de desperdício.

Descrição da composição da parede de alvenaria de tijolo cerâmico (Figura 8).

Paredes:

- Tijolo cerâmico de 8 furos: 9x19x19 cm (L x H x C);
- Assentamento: Argamassa de cimento, cal e areia; traço 1:2:8.

Revestimento das paredes:

- Chapisco: Argamassa de cimento e areia; traço 1:3; espessura de 0,5 cm;
- Emboço: Argamassa de cimento, cal e areia; traço 1:2:8; espessura de 1cm;
- Reboco: Argamassa de cimento, cal e areia; traço 1:2:9; espessura de 1cm.

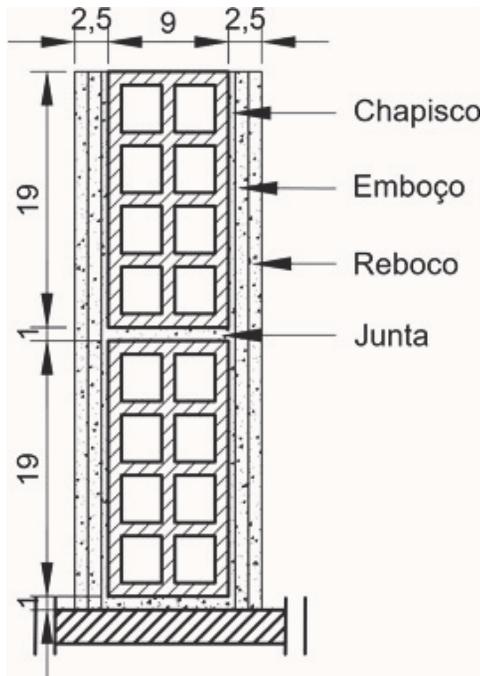


Figura 8 - Dimensões dos componentes da parede
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tipo de Tijolo	Dimensões do tijolo L x H x C (cm)	Volume do tijolo (m ³)
Tijolo Cerâmico de 8 furos	9 x 19 x 19	0,003249

L= Largura; H= Altura; C= Comprimento

Quadro 5 - Dimensões dos componentes da parede tijolo cerâmico
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.1. Cálculo do consumo de matérias-primas

Seguindo a descrição das especificações das paredes, foi calculada a quantidade de tijolos em unidades e a massa (kg) referente à quantidade de tijolos por parede (Quadro 6). O valor da massa de uma unidade de tijolo cerâmico de 8 furos é 2,3 kg aproximadamente. O Quadro 7 mostra o resultado dos calculados de volume (m³) total de argamassa para assentamento, chapisco, emboço e reboco.

Para calcular a quantidade de cada componente da argamassa (cimento, cal e areia), em massa (kg), de acordo com as proporções previstas em cada traço para o chapisco, o emboço e o reboco são necessárias as massas unitárias e massas específicas de cada material utilizado. A massa unitária é a relação entre a massa total e o volume dos sólidos, incluindo os vazios existentes entre os grãos do agregado. A massa específica é “a relação entre a massa e o volume, sem os vazios” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002). A obtenção dessas informações é regida por Normas Técnicas NBR 16605, NBR NM 52 e NBR NM 45 (ABNT, 2017b; ABNT, 2009c; ABNT, 2006).

As informações de massa unitária e específica dos materiais utilizados neste estudo são apresentadas no Quadro 8. Não foi descontado do volume das argamassas qualquer valor referente a presença de ar.

Material	Parede A	Parede B	Parede C	Parede D	Total
Quantidade de tijolos (25 un/m ²)	195	143	186	195	719
Massa (kg) de tijolos	448,5	328,9	427,8	448,5	1653,7

Quadro 6 - Quantidade de tijolos (un) e massa dos tijolos em (Kg)

Fonte: Elaborado pelos autor

Material	Parede A	Parede B	Parede C	Parede D
Assentamento	0,0684	0,0502	0,0650	0,0684
Chapisco	0,0780	0,0572	0,0741	0,0780
Emboço	0,1560	0,1144	0,1482	0,1560
Reboco	0,1560	0,1144	0,1482	0,1560
Argamassa (volume total)	0,4584	0,3362	0,4355	0,4584

Quadro 7 - Volumes totais de argamassa (m³)

Fonte: Elaborado pelos autor

Material	Massa Unitária (g/cm ³)	Massa Específica (g/cm ³)
Cimento CII E32	0,99	2,97
Cal	0,68	2,39
Areia média fina	1,36	2,65

Quadro 8 - Massas unitária e específica dos materiais

Fonte: Elaborado pelos autor

Material	Densidade (kg/m ³)
Areia seca	1500*
Cimento a granel	1300**
Cal e Gesso	1000**
Argamassa de cimento e areia	2100**
Argamassa de cimento, cal e areia	1900**

Quadro 9 - Densidade de materiais

Fonte: Elaborado pelos autor

As densidades de cada material é apresentada no Quadro 9.

Para a mistura dos componentes é necessário determinar a quantidade de água – relação água/cimento (a/c) – a ser adicionada, pois sua dosagem interfere nas reações químicas e físicas entre os componentes, afetando resistência e durabilidade da argamassa e por consequência, do sistema onde foi aplicada. Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2002), a quantidade

de água em argamassas com adição de cal é importante para garantir trabalhabilidade adequada, sendo recomendado entre 0,65 a 0,70 em relação à quantidade dos aglomerantes cimento e cal. Neste estudo, adotou-se o valor 0,65.

O cálculo seguiu a seguinte ordem:

1. Multiplicação dos valores da massa unitária de cada material pelo traço, resultando em um valor da massa do material em (kg);

2. Divisão de cada resultado obtido no item anterior pelo valor da massa do cimento, obtendo valor para os traços unitários;

3. Cálculo de consumo de cimento/m³ utilizando a seguinte equação:

$$C = \frac{1000}{1 + a + p + a/c} = kg$$

γ_{ci} γ_{ca} γ_a

onde:

γ_{ci} = massa específica do cimento em kg/m³;

γ_{ca} = massa específica da cal em kg/m³;

γ_a = massa específica da areia em kg/m³;

a/c = fator água/cimento.

Os valores calculados são apresentados no Quadro 10 e somatório no Quadro 11.

	Parede A	Parede B	Parede C	Parede D	Totais
Argamassa para Assentamento (kg)					
Cimento (kg)	11,9819	9,77827	11,3863	11,9819	45,1283
Cal Hidratada (kg)	23,9638	19,5565	22,7726	23,9638	90,2567
Areia (kg)	95,8551	78,2262	91,0904	95,8551	361,027
Argamassa para Chapisco (kg)					
Cimento (m ³)	30,686	24,1159	29,1517	30,686	114,640
Areia (m ³)	92,058	72,3478	87,4551	92,058	343,919
Argamassa para Emboço (kg)					
Cimento (m ³)	25,0522	20,2398	23,7995	25,0522	94,1437
Cal Hidratada (m ³)	50,1043	40,4796	47,5991	50,1043	188,287
Areia (m ³)	225,469	182,158	214,196	225,469	847,293
Argamassa para Reboco (kg)					
Cimento (m ³)	27,3271	22,2835	25,9608	27,3271	102,899
Cal Hidratada (m ³)	54,6542	44,5671	51,9215	54,6542	205,797
Areia (m ³)	218,617	178,268	207,686	218,617	823,188

OBS: Os valores foram dobrados, pois as paredes possuem duas faces.

Quadro 10- Tabela com as massas (kg) de materiais consumidos

Fonte: Elaborado pelos autores.

	Assentamento	Chapisco	Emboço	Reboco	Total
Cimento (kg)	45,13	121,13	94,14	102,90	363,30
Cal Hidratada (kg)	90,26	0	188,29	205,80	484,34
Areia (kg)	361,03	363,38	847,29	823,19	2394,89

Quadro 11- Tabela com os consumos totais de materiais em (kg)

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.2. Energia Embutida

A EE em cada insumo é apresentada no Quadro 12.

Material	Massa total (kg)	EE (MJ/kg)*	EE total (MJ)
Tijolos Cerâmicos	1653,7	2,9	4795,73
Cimento	363,3	4,2	1525,86
Cal Hidratada	484,34	3,00	1453,02
Areia	2394,89	0,05	119,74
Total	4896,23	-	7.894,35

Quadro 12- Energia Embutida nos materiais

Fonte: *TAVARES (2006). Elaborado pelos autores.

3.2.3. Emissões de CO₂

As emissões de CO₂ de cada insumo são apresentadas no Quadro 13. Por falta de dados de emissão de CO₂ na extração da areia, foram utilizadas como referência as emissões do transporte por caminhão, distância de 30km, equivalente a 2,28 Kg CO₂/t (TAVARES, 2006).

Material	Massa total (t)	Emissão (kg CO ₂ /t) *	Emissões totais de kg CO ₂
Tijolos Cerâmicos	1,6537	185	305,935
Cimento	0,3633	700	254,31
Cal Hidratada	0,48434	1.100	532,774
Areia	2,39489	2,28	5,460
Total	4,89623		1.098,479

Quadro 13- Emissões totais de kg CO₂

Fonte: * BRASIL (2017a). Elaborado pelos autores.

3.3. Inventário do Ciclo de Vida da parede em drywall

A parede de drywall deste estudo segue as configurações apresentadas na Figura 9 e no Quadro 14.

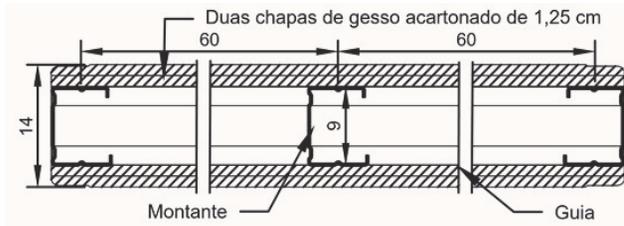


Figura 9- Corte horizontal da parede drywall tipo X140/90/600/4ST1,25
Fonte: Elaborado pelos autores.

Parede de drywall X140/90/600/4ST1,25:

- Paredes com estrutura simples;
- Guias: tipo 90;
- Montantes: tipo 90;
- Espaçamento entre montantes: 60 em 60cm;
- Placas: 120x240/1,25 cm de espessura - Duas placas por face;
- Parafusos TA 25mm, TA 35mm, LA e PA.

Tipologia	Espessura total da parede (cm)	Largura dos montantes (cm)
140/90	14	9

Quadro 14- Dimensões dos componentes da parede drywall
Fonte: Elaborado pelos autores.

Não é considerado o consumo de materiais relativos à massa de rejunte e fita adesiva para as juntas.

3.3.1. Cálculo do consumo de matérias-primas

Seguindo a descrição das especificações das paredes, foram calculadas as quantidades de materiais para o drywall como mostra o Quadro 15. A quantidade de placas de gesso por m² refere-se a duas placas sobrepostas.

Material	Unidade	Espaçamento de 60 cm montantes
Placa de Gesso	m ²	4,00
Guias 90	m	0,77
Montantes 90	m	2,39
Parafusos TA 25	peça	9,53
Parafusos TA 35 ou 45	peça	27,61
Parafusos LA e PA	peça	1,91

Pé direito considerado, 2,60m

Quadro 15- Estimativa de consumo de materiais por m² de parede
Fonte: ASSOCIAÇÃO DRYWALL, 2006. Elaborado pelos autores.

O cálculo do gasto de material por cada parede é apresentado no Quadro 16 (abaixo). Utilizando-se os valores do Quadro 15, multiplicou-se pela área de cada parede.

Os perfis metálicos (guias e montantes) são encontrados no mercado com comprimento de 3m. Cada placa com as dimensões 120x240/1,25 cm de espessura possui 2,88m² e 0,036m³ (Quadro 17).

Material	Volume (m ³)
Guia	0,000075
Montante	0,000086
Placa de Gesso (120x240/1,25cm esp)	0,036

Quadro 17- Volume de cada unidade de material
Fonte: Elaborado pelos autores.

O volume dos três principais componentes do sistema drywall utilizados em cada parede é apresentado no Quadro 18 (abaixo).

Material	Un	Quant.	Parede A	Parede B	Parede C	Parede D	Total
Placa de Gesso	m ²	4,00	31,2	22,88	29,64	31,2	114,92
Guias 90	m	0,77	6,01	4,40	5,71	6,01	22,12
Montantes 90	m	2,39	18,64	13,67	17,71	18,64	68,66
Parafusos TA 25	peça	9,53	74,334	54,5116	70,6173	74,334	273,80
Parafusos TA 35/45	peça	27,61	215,36	157,93	204,59	215,36	793,24
Parafusos LA e PA	peça	1,91	14,898	10,9252	14,1531	14,898	54,87

Quadro 16- Consumo de material por parede drywall
Fonte: Elaborado pelos autores.

Material	Volume por un	Parede A	Parede B	Parede C	Parede D	Total
Placa de Gesso	0,036	1,123	0,824	1,067	1,123	4,137
Guias 90	0,000075	0,00045	0,00033	0,00043	0,00045	0,00166
Montantes 90	0,000086	0,0016	0,0012	0,0015	0,0016	0,0059

Quadro 18- Volume de material consumido por parede (m³)
Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 19 apresenta a massa referente aos volumes de materiais consumidos por parede.

Material	Parede A	Parede B	Parede C	Parede D	Total
Placa de Gesso	982,8	720,72	933,66	982,8	3619,98
Guias 90	3,51	2,58	3,34	3,51	12,94
Montantes 90	12,51	9,17	11,88	12,51	46,06
Parafusos TA 25	0,1394	0,1022	0,1324	0,1394	0,51
Parafusos TA 35 ou 45	0,4479	0,3285	0,4255	0,4479	1,65
Parafusos LA e PA	0,0310	0,0227	0,0294	0,0310	0,11

Quadro 19- Massa de material consumido por parede (kg)
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a densidade do gesso foi considerado o valor médio de 875 kg/m³ e do aço 7800 kg/m³.

3.3.2. Energia Embutida

Os cálculos de EE dos insumos da parede de *drywall* são apresentados no Quadro 20.

Material	Massa Total (kg)	EE (MJ/kg) *	EE total (MJ)
Placa de Gesso	3619,98	6,1	22.081,878
Guias 90	12,94	33,8	437,372
Montantes 90	46,06	33,8	1.556,828
Parafusos	2,27	33,8	76,726
Total	3681,25	-	24.152,804

Quadro 20- Energia Embutida nos materiais da parede *drywall*
Fonte: *TAVARES (2006). Elaborado pelos autores.

3.3.3. Emissões de CO₂

Os cálculos das emissões de CO₂ dos insumos da parede de *drywall* são apresentados no Quadro 21.

Material	Massa total (t)	Emissões (kg CO ₂ /t) *	Emissões totais de kg CO ₂
Placa de Gesso	3,61998	766,4	2.774,3526
Guias 90	0,01294	2.020	26,1388
Montantes 90	0,04606	2.020	93,0412
Parafusos	0,00227	2.020	4,5854
Total	3,68125	-	2.898,118

Quadro 21- Emissões totais de kg CO₂
Fonte: *BRASIL, (2017a). Elaborado pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados na Matriz MET, nas colunas de Materiais (incluído a massa dos insumos), Energia (incluído total de EE) e Toxicidade (incluído total de emissões de CO₂).

4.1. Matriz MET de Parede de tijolo cerâmico

O Quadro 22 mostra a Matriz MET para a parede de tijolo cerâmico. Os valores apresentados acima, relativos à quantidade de material, de EE e de emissões de CO₂ são apresentados na linha “fabricação” da matriz.

Observa-se que para a produção de 719 tijolos, com massa aproximada de 1.653,7 kg, foram gastos 4.795,73 MJ de energia, oriundas de várias fontes como carvão vegetal, lenha, coque de petróleo e eletricidade. Este valor corresponde a 60,75% de toda a energia embutida no sistema. Os 39,25% restantes correspondem aos demais insumos, cal, cimento e areia. Ainda, a fabricação desta quantidade de tijolos emite 305,27 kg de CO₂. Comparado aos outros materiais, componentes do mesmo sistema, como o cimento e a cal, que possuem semelhantes processos de fabricação, o tijolo cerâmico emite menor quantidade de CO₂. O cimento e a cal somados emitiram em seus processos de fabricação 787,08 kg CO₂, correspondendo a 71,65% do total do sistema.

4.2. Matriz MET de Parede de *drywall*

O Quadro 23 mostra a Matriz MET para a parede de *drywall*. Os valores apresentados acima, relativos à quantidade de material, de EE e de emissões de CO₂ são apresentados na linha “fabricação” da matriz.

Observa-se que para massa de 3.619,98 kg de placas de gesso, equivalente a aproximadamente 115 placas, os processos considerados na simulação somam 22.081,88 MJ de gasto de energia, equivalente a 91,43% do total de energia embutida no sistema. Já o gasto energético com o aço alcança 2.070,93 MJ, equivalente a 8,57%. No total, estima-se o emprego de 24.152,81 MJ de energia para a produção de 3.681,25 kg de parede *drywall*. Nos processos de extração, produção e distribuição, de aproximadamente 3.619,98 kg de placas de gesso, são emitidos 2.774,35 kg CO₂. Comparado à emissão gerada pelo aço (soma de montantes, guias e parafusos) este valor é 22 vezes menor, uma vez que a produção de aço emite 123,77 kg CO₂ no total. Assim, estima-se a emissão de 2.898,12 kg CO₂ para a produção de 3.681,25 kg de parede *drywall*.

O Quadro 24 apresenta os consumos de materiais para os dois sistemas construtivos. Os Quadros 25 e 26 apresentam os resultados finais do consumo de energia e emissões de CO₂.

	M - Materiais (Entrada e Saída)	E – Energia (Entrada)	T - Toxicidade Saída (Emissões)
Produção e Fornecimento de todos os materiais e componentes	Extração e beneficiamento da argila, do calcário, da areia.	Fontes energéticas: Diesel , Eletricidade Carvão	Produção e emissão de CO ₂
Fabricação: Produção interna	Lavagem, Sedimentação e peneiramento (areia); Prensagem e queima da argila (tijolo); Calcinação para produção do cliquer e moagem (cimento); Calcinação e moagem (cal) Quantidade de Massa: Areia: 2.394,89 kg Cimento: 363,3 kg Cal: 484,34 kg Tijolos cerâmicos: 719 unidades = 1.653,7 kg	Fontes energéticas: Eletricidade Lenha Carvão Coque de Petróleo Gasto: Areia: 119,74 MJ Cimento: 1.525,86 MJ Cal: 1.453,02 MJ Tijolos cerâmicos: 4.795,73 MJ (719)	Produção e emissão de CO ₂ : Areia: 5,46 kg CO ₂ Cimento: 254,31 kg CO ₂ Cal: 532,77 kg CO ₂ Tijolos cerâmicos: 305,27 kg CO ₂
Distribuição (Montagem)	Caminhão	Diesel: Tijolo Cerâmico, Cimento Cal e Areia	Produção e emissão de CO ₂

Quadro 22- Matriz MET de parede de tijolo cerâmico
Fonte: Elaborado pelos autores.

	M - Materiais (Entrada e Saída)	E – Energia (Entrada)	T - Toxicidade Saída (Emissões)
Produção e Fornecimento de todos os materiais e componentes	Extração e beneficiamento de gesso e minério de ferro.	Fontes energéticas: Diesel, Carvão mineral Coque de petróleo	Produção e emissão de CO ₂
Fabricação: Produção interna	Pelotização (ferro-gusa); Refino e galvanização Quantidade de Massa: Aço: 61,27 kg Conformação (perfis); Calcinação da gipsita Gesso: 3.619,98 kg (115)	Fontes energéticas: Eletricidade: Coque de Carvão Mineral Carvão Vegetal Aço: 2.070,93 MJ; Gesso: 22.081,88 MJ	Produção e emissão de CO ₂ : Aço: 123,77 kg CO ₂ Gesso: 2.774,35 kg CO ₂
Distribuição (Montagem)	Caminhão	Diesel: Placas de Gesso, Guias, Montantes	Produção e emissão de CO ₂

Quadro 23- Matriz MET de parede de drywall
Fonte: Elaborado pelos autores.

Alvenaria de tijolo cerâmico			Drywall		
Consumo total	3.681,25	100%	Consumo total	4.896,23	100%
Tijolos Cerâmicos	1.653,7	33,8%	Placa de Gesso	3.619,98	98,3%
Cimento	363,3	7,4%	Guias 90	12,94	0,4%
Cal Hidratada	484,34	9,9%	Montantes 90	46,06	1,3%
Areia	2.394,89	48,9%	Parafusos	2,27	0,1%

Quadro 24- Consumo dos materiais (kg)
Fonte: Elaborado pelos autores.

Alvenaria de tijolo cerâmico			Drywall		
EE total	7.894,35	100%	EE total	24.152,80	100%
Tijolos Cerâmicos	4.795,73	60,75%	Placa de Gesso	22.081,88	91,43%
Cimento	1.525,86	19,33%	Guias 90	437,37	1,81%
Cal Hidratada	1.453,02	18,41%	Montantes 90	1.556,83	6,45%
Areia	119,74	1,52%	Parafusos	76,73	0,32%

Quadro 25- Comparação de Energia Embutida (MJ)
Fonte: Elaborado pelos autores.

Alvenaria de tijolo cerâmico			Drywall		
Emissão total	1.098,48	100%	Emissão total	2.898,12	100%
Tijolos Cerâmicos	305,94	27,85%	Placa de Gesso	2.774,35	95,73%
Cimento	254,31	23,15%	Guias 90	26,14	0,90%
Cal Hidratada	532,77	48,50%	Montantes 90	93,04	3,21%
Areia	5,46	0,50%	Parafusos	4,59	0,16%

Quadro 26- Comparação de emissão de CO₂ (kg CO₂)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em vista dos dois sistemas, o *drywall* apresenta maior consumo energético e maior emissão de CO₂. A energia embutida na fabricação do aço (33,8MJ/kg) e do gesso (6,1MJ/kg) são as mais altas entre os materiais dos dois sistemas (Quadro 3). Por outro lado, apesar de a massa de cal hidratada ser 7,5 vezes menor do que a massa total de placa de gesso consumida, sua quantidade de energia embutida é 15 vezes menor (1.453,02 MJ) do que a energia embutida na quantidade da massa de placa de gesso (22.081,88 MJ). A emissão de CO₂ na fabricação do gesso é a maior entre todos os componentes dos dois sistemas. Em suma, para a mesma unidade funcional, o sistema *drywall* emite 2.898,12 kg de CO₂, ou seja, 2,6 vezes a mais do que o sistema tijolo cerâmico, que emite 1.098,48 kg de CO₂. Cabe ressaltar que não foram contabilizados os valores do consumo energético na montagem dos sistemas, como os usos de betoneira para a mistura de argamassa ou de furadeiras para a montagem dos montantes e guias do sistema *drywall*.

5. CONCLUSÃO

A Análise de Ciclo de Vida pode ser aplicada em diferentes níveis em um mesmo sistema de produto. Sua aplicação requer o detalhamento das etapas de cada processo, de acordo com o objetivo do estudo, possibilitando o conhecimento e entendimento de todo o sistema de fabricação de um produto.

Para se conhecer um sistema é necessário inventariar os processos envolvidos e levantar os dados, principalmente, quantitativos dos fluxos de entrada e de saída de material, energia e resíduos ao longo do ciclo de vida do produto, ou seja, desde a obtenção da matéria-prima até seu descarte e reciclagem.

Consequentemente, a dificuldade de obtenção de informações, o tempo gasto com as pesquisas e a necessidade de precisão dos dados fazem com que a aplicação completa da ACV seja vista como onerosa para o processo projetual das edificações.

Assim, a utilização da Matriz MET torna-se uma alternativa como estudo simplificado de ACV. Em princípio, a ferramenta busca analisar qualitativamente aspectos

ligados ao consumo de materiais e de energia, bem como emissões de poluentes, tornando a análise do ciclo de vida menos onerosa, por não necessitar de pesquisas aprofundadas para o levantamento de dados quantitativos.

Entretanto, neste estudo, alternativamente, foi proposta a análise simplificada do ciclo de vida em conjunto com o cálculo dos dados quantitativos do uso de Energia Embutida dos materiais e de emissões de CO₂ dos processos, na fase de transformação da matéria-prima, com vistas a parametrizar a tomada de decisão a partir de resultados mais confiáveis e mais robustos, no que tange aos impactos ambientais na categoria de aquecimento global (visto tratar-se de emissão de CO₂).

A tomada de decisão, neste caso, se refere à escolha entre dois sistemas de vedação, alvenaria de tijolo cerâmico e *drywall*, para a construção de paredes internas não estruturais em projeto padrão de residência unifamiliar de três quartos da Prefeitura de Belo Horizonte-MG, a partir da análise dos inventários de ciclo de vida de ambos os sistemas.

O objetivo do estudo de ACV foi o de comparar as entradas de materiais e energia e as emissões de CO₂ dos dois sistemas de vedação, tendo como unidade funcional a soma total das áreas das paredes definidas, ou seja, 28,73 m². A fronteira do sistema limitou-se aos processos de a) fornecimento de matéria-prima e fabricação de insumos e componentes e b) distribuição para a obra e montagem. As fases de uso e pós-uso não são contempladas pelos limites do sistema. Os gastos energéticos e emissões de CO₂ gerados pelo transporte dos materiais até à obra não são contemplados, pois não foi considerado o local da obra. A água, bem como o papelão utilizado na fabricação das placas de gesso acartonado não foram considerados, pois não foram obtidos dados suficientes para tanto.

Para a alvenaria de tijolo cerâmico, adotou-se o valor de 25 un/m² de tijolo cerâmico de 8 furos, 9x19x19cm, assentados com os furos na posição horizontal com argamassa de cimento, cal e areia e revestimento de chapisco, emboço e reboco. Para a parede de *drywall* adotou-se espessura de 14cm com placas duplas de gesso acartonado e espaçamento entre montantes de 60cm.

Muitas informações relacionadas à fabricação de cimento e aço foram encontradas em documentos publicados em sites de empresas ou representantes do setor. No caso de outros materiais como areia e tijolo cerâmico, a consulta a trabalhos acadêmicos foi a principal fonte de informações, pois estas não foram encontradas em sites de empresas e representantes do setor.

Os resultados da análise dos inventários foram obtidos com a aplicação da Matriz MET. No caso do projeto de edificação utilizado neste estudo, os resultados indicam que para a construção de paredes de divisão interna, os impactos ambientais relativos à categoria de aquecimento global, oriundos das emissões de CO₂ a partir do consumo de fontes energéticas nos sistemas analisados, são 2,6 vezes maiores na escolha do *drywall* comparando-se ao tijolo cerâmico.

Os resultados mostram que a adoção da ACV simplificada em conjunto com dados de Energia Embutida e de Emissões de CO₂ pode ampliar os conhecimentos de profissionais projetistas sobre os impactos ambientais dos processos envolvidos, favorecendo suas decisões durante a fase de projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelos recursos concedidos, que permitiram a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, H. R.; LIRA, J.; SPOSTO, R. M. Emissões de CO₂ de sistemas de revestimento de argamassa: estudo de caso de aplicação de argamassa projetada comparativamente à aplicação convencional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 377-393, out./dez. 2018.

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de Construção: Normas, Especificação, Aplicação e Ensaio de Laboratório**. São Paulo: PINI, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15217:2018**. Perfisados de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 15270-1:2017**. Componentes cerâmicos - Blocos e Tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017a.

_____. **NBR 16605:2017**. Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017b.

_____. **NBR 14715-2:2010**. Chapas de gesso para drywall - Parte 2: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR ISO 14040:2009**. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.

_____. **NBR 15758-1:2009**. Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Projeto e procedimentos executivos para montagem Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes. Rio de Janeiro, 2009b.

_____. **NBR NM 52:2009**. Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009c.

_____. **NBR NM 45:2006**. Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 15220-2:2005**. Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método 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 6120:1980**. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO DRYWALL. **Manual de Projeto de Sistema Drywall** - paredes, forros e revestimentos. São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://drywall.org.br/manuais/>>. Acessado em: 30/01/2018.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016, V.1.

BHAMRA, T. LOFTHOUSE, V. **Design for Sustainability: A Practical Approach**. Gower Publishing, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico do Setor de Não-Metálicos** - 2017 base 2016. Brasília: 2017a. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1732813/ANUNC3%81RIO+NC3%83O-METALICOS+2017_27.07.2017.pdf/8a777f0f-3f3c-4f03-85de-8fa783f2813c>. Acesso em 12/01/2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico do Setor de Metalúrgico** - 2017 base 2016. Brasília: 2017b. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1732813/U%NC3%81RIO+METAL%3%9ARGICO+2017_04.12.2017.pdf/619c1a0f-7782-4149-a93c-0f5ba3ff6df6>. Acesso em 12/01/2018.

BREZET, H.; van HEMEL, C. **EcoDesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption**, Paris: UNEP - United Nations Environment Programme,

1997.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. Emissões de CO₂ referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 91-108, out./dez. 2017.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Siderurgia no Brasil 2010-2025**: subsídios para tomada de decisão. Brasília: 2010. 112p. Disponível em: <<http://sirene.mcti.gov.br/participacao-de-gases-por-setor>>. Acesso em 26/01/2018.

CONDEIXA, K.; QUALHARINI, E.; BÔER, D.; HADDAD, A. An Inquiry into the Life Cycle of Systems of Inner Walls: Comparison of Masonry and Drywall. **Sustainability**, v. 7, p. 7904-7925, 2015.

COSTA, B. L. de C. da. **Quantificação das emissões de CO₂ geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Fevereiro 2012.

DRYWALL. **Parede drywall**. Disponível em: <<https://i.pinimg.com/originals/e6/af/83/e6af836846a1937f33c2b834b71f88b9.jpg>>. Acesso 14/01/2018.

MARQUES, V. M.; GOMES, L. P.; KERN, A. P. Avaliação ambiental do ciclo de vida de telhas de fibrocimento com fibras de amianto ou com fibras de polipropileno. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 187-201, jan./mar. 2016.

MEDEIROS, L. M.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A. Contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais de sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 365-385, abr./jun. 2018.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

ORLANDIN, Cerâmica. **Tijolo seis furos**. Disponível em: <<http://www.ceramicaorlandin.com.br/2014/img/tijolo-6-furos-p-g.jpg>>. Acesso em: 17/02/2018.

PLACO SAINT GLOBAIN. **Guia Placo Soluções Construtivas**. 2014. Disponível em: <<https://www.placo.com.br/guia-placo>>. Acesso em 13/01/18.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (PBH). **Projetos Padrão**. Disponível em: <http://portalpbh-hm.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=regulacaourbana&tax=18499&lang=pt_BR&pg=5570&taxp=0&>. Acesso em: 30/01/2018.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de Construção**. 2ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificação**. 2ed. São Paulo: Érica, 2009.

SANTOS, C. P.; REIS, I. N., MOREIRA, J. E. B.; BRASILEIRO, L. B. **Papel**: Como se fabrica? Química e Sociedade, n. 14, 2001.

SOARES, S. R.; PEREIRA, S. W. Inventário da produção de pisos e tijolos cerâmicos no contexto da análise do ciclo de vida. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 83-94, abr./jun. 2004.

TAVARES, S. F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. Tese Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil-PPGEC, UFSC Florianópolis, 2006.

ZBICIŃSKI, I.; STAVENUITER, J.; KOZLOWSKA, B.; COEVERING, H.P.M. **Product Design and Life Cycle Assessment**. Uppsala: The Baltic University Press, 2006.

AUTORES

ORCID: não possui

THIAGO AUGUSTO CORLAITE LANA | Universidade Federal de Minas Gerais | Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade aplicados ao Ambiente Construído | Correspondência para: Rua Paraíba, 697, Savassi, 30.130-140 | Belo Horizonte | MG | Brasil | thiagocorlaitelana@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3633-4884>

ANDRÉA FRANCO PEREIRA, Dra. | Universidade Federal de Minas Gerais | Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade aplicados ao Ambiente Construído | Correspondência para: Rua Paraíba, 697, Savassi, 30.130-140 | Belo Horizonte | MG | Brasil | andreafranco@ufmg.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

LANA, Thiago Augusto Corlaite; PEREIRA, Andréa Franco. ACV Simplificada e Análise de Emissões de CO2 em Sistemas de Vedação Arquitetônica. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 145-162, mar. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n1.145-162>.

DATA DE ENVIO: 13/12/2019

DATA DE ACEITE: 04/03/2020

UMA COMPARAÇÃO ENTRE BIOCONSTRUÇÃO E CONSTRUÇÃO TRADICIONAL: ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL

JAMYLLY LUDIMILY AMORIM MELLO | UNESA
LARISSA MORAES VIEIRA | UNESA

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social e é um dos setores que mais cresce nos países, pois gera intenso impacto ambiental pelo consumo de matérias-primas de alto custo, cuja fabricação utiliza muita energia e produz muito resíduo.

Na atualidade está ocorrendo um investimento na busca do equilíbrio ambiental e construtivo. Para isto estão sendo aplicadas técnicas da bioconstrução que visam utilizar matérias primas recicladas ou naturais do próprio local da obra, sistema de reaproveitamento da água da chuva, reaproveitamento dos resíduos sólidos, fontes alternativas de energias renováveis e não poluentes, utilização de iluminação natural, boa ventilação e algumas técnicas construtivas, com vistas a causar o menor impacto para o ambiente e para a sociedade local.

Assim, o objetivo desse artigo é apresentar um estudo comparativo entre uma edificação construída pelo método tradicional com uma mesma edificação feita com conceitos da bioconstrução, utilizando materiais alternativos sustentáveis, de modo a ressaltar a viabilidade técnica, econômica e ambiental desse método construtivo.

2. BIOCONSTRUÇÃO

Na busca de uma sociedade sustentável, surgiu o conceito de bioconstrução, para se referir a construções onde a preocupação ecológica está presente, desde a sua concepção até a sua ocupação, combinando técnicas milenares e inovadoras, garantindo a sustentabilidade, não só no processo construtivo como também no período pós-ocupação de casas e edifícios.

Bioconstrução é compreendido como um sistema construtivo onde o meio ambiente é preservado, desde a fase de projeto, na adequação ao clima local, durante a construção da edificação, seja na escolha das técnicas de construção, seja no uso dos materiais. E ao longo do uso da edificação,

utilizando um tratamento adequado dos resíduos e uma eficiência energética. A técnica da bioconstrução encontra suas bases nas civilizações antigas, utilizando métodos e materiais tradicionais empregados há alguns milênios, e no grande conhecimento tecnológico desenvolvido atualmente.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As etapas da pesquisa foram: desenvolvimento do projeto da edificação protótipo, produção de todas as plantas, cortes e fachadas necessários. Em seguida foi realizada a produção de planilhas especificando as atividades e materiais para cada fase construtiva. Com essas planilhas foi realizado o levantamento de custo de materiais e mão de obra e realizado o cronograma para cada tipo de edificação (bioconstrução e construção convencional).

O estudo foi feito com base em edificação fictícia, não tendo, portanto cidade ou terreno definido. A edificação protótipo trata-se de uma Secretaria de Meio Ambiente de 1 pavimento térreo, com cerca de 156 m².

Para o modelo de construção convencional, a edificação de estudo tem toda sua estrutura em concreto armado, sapata isolada como fundação, cinta e pilares. A parede de vedação é composta pelo tijolo cerâmico com acabamento com tinta acrílica, o contra piso em concreto magro, e o piso cerâmico. A laje será de treliça e o telhado com sua estrutura feita em madeira com telhas cerâmicas. Toda a escolha dos materiais e métodos construtivos foi mediante aos mais tradicionais e mais utilizados no mercado.

A edificação protótipo com o método da bioconstrução tem a estrutura dos pilares, piso e telhado em bambu. A fundação com pedras de mão. A parede de vedação é composta pelo tijolo de adobe com acabamento com a geotinta. O piso será utilizado laminas de bambu. A laje é composta por madeira reflorestada. O telhado verde com placas solares e boiler para aquecimento da água. Captação da água das chuvas em cisterna e tratamento de efluentes por meio de raízes.

4. ESTUDO COMPARATIVO

A mão de obra para as construções de alvenaria tradicional é farta, porém, para as construções sustentáveis, é difícil de encontrar por exigirem o conhecimento dos novos ecoprodutos para as construções sustentáveis e das novas habilidades e novas práticas, para manusear e empregar os novos materiais, em construções sustentáveis.

O cronograma físico-financeiro do método construtivo com alvenaria tradicional foi desenvolvido com base na disponibilidade dos materiais, da mão de obra especializada e da tecnologia da construção. Para concluir a edificação, pelo método de construção com alvenaria tradicional, foi considerado o prazo de 6 meses, tempo suficiente para entregar a obra com qualidade.

Em relação ao cronograma físico-financeiro do método construtivo por bioconstrução, foi considerado o período de 9 meses, devido às dificuldades de obtenção de alguns materiais a serem utilizados, como por exemplo, o tijolo de adobe, que ocupa grande parte do tempo, na sua fabricação, por ser um método construtivo artesanal e primitivo, o que ocasiona um maior prazo.

Na planilha orçamentária da Construção Tradicional, baseada no catálogo da EMOP. Foi inserida a quantidade de cada serviço e em seguida calculado seu valor total que foi de R\$ 421.521,00 (quatrocentos e vinte e um mil, quinhentos e vinte e um reais)

Com relação à edificação de bioconstrução, foi realizada uma memória descritiva, uma planilha com quantitativo total de materiais baseada no catálogo da EMOP e com alguns valores fornecidos pelo Instituto Pindorama. Foi inserida a quantidade de cada serviço e em seguida calculado seu valor total que foi R\$ 263.318,00 (duzentos e sessenta e três mil, trezentos e dezoito reais).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, setembro de 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: dezembro de 2018.
de Conservação do Município de Niterói [arquivo digital]. Niterói: Pedro Bittencourt, 2018. 101p.

SETOR MOVELEIRO DE UBERLÂNDIA/MG: IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS E REDES

JÚLIA SOUZA ABRÃO | UFUB

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, Uberlândia/MG é conhecida como Polo Moveleiro para a região do Triângulo Mineiro, embora este não esteja totalmente consolidado como Arranjo Produtivo Local (APL). Nos últimos anos, a indústria moveleira, especialmente a de micro-porte, tem crescido cada vez mais, colaborando com o desenvolvimento da região. De acordo com SENAI et al. (2006) e Oliveira et al. (2012), a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba possuía, em 2012, cerca de 800 micro e pequenas indústrias (MPes) de mobiliário, cuja produção é essencialmente sob medida.

Embora contribuam para a dinâmica econômica da região, toneladas de resíduos provenientes dessas empresas têm sido depositadas em aterros sanitários e, em muitos casos, em locais inapropriados como terrenos baldios, o que afeta diretamente o meio ambiente.

Atualmente o volume de resíduos moveleiros despejados em aterros sanitários e em terrenos baldios da região é muito alto. De acordo com estimativas de descarte realizadas em 2012 (NUNES, 2013) e dados levantados em pesquisa (2017, não publicado), constatou-se que são descartados, em média, cerca de 420Kg/semama de resíduos de MDF por empresa, o que representa cerca de 340 toneladas/mês depositadas no aterro sanitário, considerando as 800 MPes (OLIVEIRA et al., 2012). Em termos de volume, a partir dos dados coletados e da estimativa de descarte, percebe-se que houve um aumento, passando de cerca de 22.000m³ em 2012 (NUNES, 2013) para cerca de 33.000m³ (2017).

O problema não está ligado somente ao descarte, está ligado também em como a empresa lida com a questão ambiental, e como ela se coloca para ser mais responsável e competitiva.

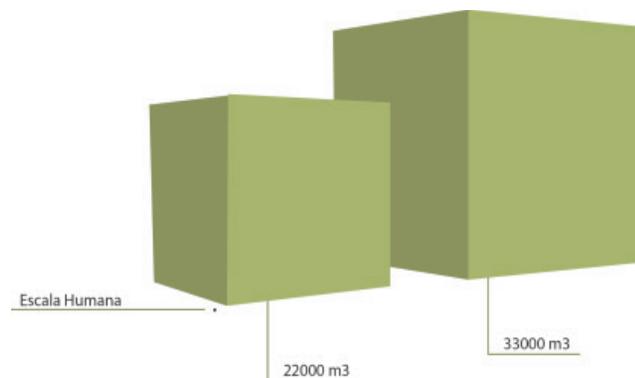


Figura 1 - Resíduos descartados anualmente
Fonte: Autores (2017).

A partir deste panorama, acreditamos que a criação de uma Rede Colaborativa é uma oportunidade para todos os atores, direta ou indiretamente ligados, tais como: empresas do setor moveleiro que geram resíduos, Prefeitura Municipal, instituições e/ou associações de bairro, de se unirem e iniciar um caminho em busca da sustentabilidade. Além disso, a proposta é de que esses resíduos sejam destinados à criação de mobiliário para as instituições carentes, as quais poderão participar do processo de definição das peças, a partir de suas necessidades, bem como da montagem, caso seja viável.

Outro aspecto relevante é sobre o papel do designer, que deve estar atento à todas as oportunidades de projeto, conexões e colaboração, podendo atuar como facilitador dos processos colaborativos, em prol de uma sociedade mais justa e humana.

Além disso, é perfeitamente possível que redes colaborativas, como a proposta nesse trabalho, possam contar com a presença de empresas, ampliando sua responsabilidade social e ambiental e contribuindo para a mudança de paradigma mencionada. O processo de aprendizagem social demanda tempo, vontade e determinação. Somente a partir de parcerias é possível avançar em iniciativas desse teor. E, trabalhando cada vez mais, um passo de cada vez, por mais que o processo seja demorado, o percurso incerto, podemos chegar a uma redução

significativa dos resíduos, começando com pequenas experiências de reaproveitamento, para resguardar a natureza, até a adoção dos princípios de projeto sistêmico, caminhando juntos rumo à sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- [1] NUNES, Viviane G. A. Design Pilot Project as a Boundary Object: a strategy to foster sustainable design policies for Brazilian MSEs. Milan, Italy: PhD Thesis in Design. INDACO Department, Polytechnic of Milan. 2013, 556p.
- [2] OLIVEIRA, P., ALVARENGA, A., PAES, F., FEITOSA, F., & SILVA, J. Cadeia produtiva da movelaria: o polo moveleiro do Triângulo Mineiro. Viçosa/MG: EPAMIG. 2012, 44p.
- [3] SENAI, FIEMG, SEBRAE, & SINDMOB. (2006). Diagnóstico empresarial das indústrias moveleiras de Uberlândia e Região. Uberlândia: Sistema FIEMG. Pool Comunicação. 2006, 88p.

PROCESSOS AVALIATIVOS EM ESPAÇOS DE USO COLETIVO

FELIPE BULLER BERTUZZI | IMED

GRACE TIBÉRIO CARDOSO | IMED

1. INTRODUÇÃO

São conhecidas diversas estratégias para promover o conMuito é debatido acerca da necessidade das percepções dos usuários frente à avaliação dos equipamentos inseridos no ambiente, de modo a analisar se o local atende ou não às necessidades dos usuários. A compreensão do ambiente por meio da observação do indivíduo como agente estruturador do mesmo, permite explicitar aspectos da utilização e apropriação e, a partir disso, buscar soluções que garantam a manutenção da qualidade do espaço (VILLAROUCO e ANDRETO, 2008). Nesse contexto, a utilização de procedimentos provenientes da Avaliação Pós-Ocupação (APO) permite considerar etapas de apropriação do espaço, como o seu uso, a operação e manutenção, e a utilização por cada perfil de usuários (ONO et al., 2018).

No que se referem a espaços livres, várias características devem ser observadas. Dentre elas, a relação com o contexto e com as necessidades da população a partir de atributos funcionais, estéticos, econômicos e viáveis construtivamente. Com isso, torna-se necessário avaliar diferentes variáveis, cruzá-las e interpretá-las, a fim de estabelecer correlações entre o ambiente e o usuário.

Nesse sentido, o presente trabalho de natureza qualitativa¹, analisou as características ambientais e a percepção da população carioca frente à estrutura do Parque Olímpico da Barra da Tijuca. A partir de diferentes métodos aplicados na cidade pretendeu-se verificar o nível de satisfação dos usuários e não-usuários destes locais, podendo resultar no entendimento do uso no espaço por meio de questões objetivas qualitativas.

A APO permitiu, portanto, a análise conjunta de várias variáveis, por métodos de diferentes disciplinas, corroborando para uma pesquisa com resultados mais sólidos.

Assim, este trabalho contou com a aplicação de entrevistas semiestruturadas, mapa comportamental em diferentes praças da cidade, o método *Walkthrough*, mapa de seleção visual e a aplicação dos questionários, a fim de

compreender a apropriação do espaço a partir das avaliações positivas e/ou negativas dos usuários, envolvidas pela gama multidisciplinar de abordagens (Figura 01).

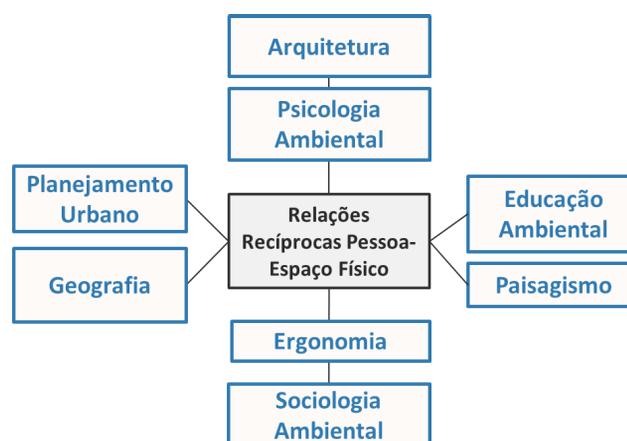


Figura 01 - A multidisciplinaridade de diferentes áreas
Fonte: Günther (2003), adaptado pelos autores

Desse modo, pôde-se observar a relação direta entre usuários e diferentes espaços públicos ao longo da cidade, observando a apropriação dos espaços próximos às suas residências devido à facilidade de acesso, bem como a escolha por locais que ofereçam mobiliários e serviços de lazer e esporte.

REFERÊNCIAS

- VILLAROUCO, V.; ANDRETO, L. FM. Avaliando desempenho de espaços de trabalho sob o enfoque da ergonomia do ambiente construído. **Production**, v. 18, n. 3, p. 523-539, 2008.
- ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; VILLA, S. B.; FRANÇA, A. J. G. L. **Avaliação Pós-Ocupação: Da teoria à prática**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2018. 312 p.
- GÜNTHER, H. **Mobilidade e affordance como cerne dos estudos pessoa ambiente**. Estudos de Psicologia, v. 8, n. 3, p. 273-280, 2003.

PROJETO PAISAGÍSTICO PARA A REVITALIZAÇÃO DO ENTORNO DO CANAL DO ANIL, JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO

DENERSON JACOB | UFRJ

VIRGINIA VASCONCELLOS, Dr. | UFRJ

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta o projeto paisagístico para a revitalização do entorno do Canal do Anil, no Sub Bairro de Jacarepaguá, Gardênia Azul, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, como TCC do Curso de Paisagismo, da Escola de Belas Artes – UFRJ. Ele parte de uma pesquisa, que visa a compreender a área numa visão macro e micro, realizada a partir de levantamentos bibliográficos e levantamentos físicos de campo.

A área vem sendo ocupada, na sua maioria, por indivíduos de baixa renda que trabalham nos bairros vizinhos como a Barra da Tijuca, carentes por espaços públicos de lazer comunitários, acessibilidade adequada às moradias, infraestrutura urbana básica e qualidade da água e do solo.

O Canal do Anil pertence a uma das sub bacias que confluem para a Lagoa da Barra da Tijuca. O seu percurso natural, que era composto por vegetação de Mata Atlântica, foi drasticamente agredido por assentamentos próximos e irregulares e, seu corpo hídrico, foi praticamente todo canalizado, o que também ajudou na deterioração da sua borda, que apresenta ocupação irregular densa, além de se configurar uma área pouco segura para os moradores e visitantes. Embora o local disponha de alguns pontos com serviços de abastecimento de água e luz, o esgotamento sanitário, na maioria das vezes o lixo é jogado diretamente no Canal, que sofre com problemas de mau cheiro, animais indesejáveis, suscetibilidade a doenças, alguns pontos de alagamento, redução da vegetação e aumento de áreas impermeáveis.

Para a realização do trabalho partiu-se de um embasamento teórico-conceitual, levantamentos bibliográficos, com coleta de dados em publicações acadêmicas, plantas da Prefeitura e referências projetuais; levantamentos de campo, com visitas in loco, observações diretas não participativas, registros fotográficos e Base Google Earth. Os dados foram tratados a partir da confecção de mapas (biofísicos, figura e fundo, gabarito e uso do solo), cortes e desenhos.

Foram utilizados, ainda, programas computacionais, como AutoCad e PhotoShop. Nos levantamentos foram constatados os principais problemas da população que habita o entorno do Canal, do próprio estado físico da sub bacia, além do potencial paisagístico e ambiental do local.

2. O PROJETO PAISAGÍSTICO

O projeto paisagístico proposto apresenta soluções para a revitalização do espaço, buscando atender à comunidade em suas reivindicações, respeitando suas necessidades e o meio ambiente local.

A proposta oferece melhores condições de conforto, segurança e bem estar à população dotando a área de mobiliário e equipamentos urbanos que possibilitam a prática de esportes, o passeio seguro e o lazer infanto-juvenil e adulto, área para cães, mudança dos revestimentos de piso (melhoria da drenagem) e alargamento, onde possível, dos passeios, introdução de árvores, jardineiras e canteiros, melhoria da infraestrutura urbana, (sistema elétrico subterrâneo), implantação de sistema de coleta de esgoto sanitário, gás natural e água, onde ainda não há.

REFERÊNCIAS

- MASCARÓ J L (2013) Infraestrutura urbana, editora + 4, Porto Alegre.
- COSTA, I A A, BRITO A L, Rio das pessoas: Revitalização, integração e habitação social na comunidade de Rio das Pedras no Rio de Janeiro.
- Miguez M G, VERÓL A, Rezende O M (2016) Drenagem Urbana do projeto tradicional à sustentabilidade, Elsevier, campus, Rio de Janeiro.
- SILVA, N Projeto final para a Nova Luz, Patricia Samora. Artigo eletrônico.

INDEXAÇÃO E MAPEAMENTO DE EXEMPLOS PARA AS HEURÍSTICAS COMPILADAS DA TRIZ

EMANUELA LIMA SILVEIRA, M.Sc. | UTFPR
MARCO AURÉLIO DE CARVALHO, PhD. | UTFPR

1. INTRODUÇÃO

Uma metodologia reconhecida por sua eficiência e sistemática na ideação de produto e soluções de problemas inventivos é a TRIZ “Teoria da Solução Inventiva de Problemas”, desenvolvida pelo russo Genrich Altshuller em 1946 para compreender o processo de inovação e invenção (ILEVBARE et al., 2013).

A TRIZ parte da análise de cerca de 400.000 patentes tecnológicas, das quais foram observadas certas regularidades que regem os processos de resolução de problemas. Um dos métodos mais conhecidos da TRIZ é o dos princípios/ heurísticas inventivas. Este tem como objetivo auxiliar na resolução de problemas, tornando o processo mais eficiente através do compartilhamento de experiência anterior para orientar a geração de soluções para novos problemas (DE CARVALHO et al., 2003).

No entanto, de acordo com Tessari e De Carvalho (2015), mesmo as heurísticas inventivas sendo reconhecidas pelo potencial de resolução de problemas, estas devido ao seu elevado número, demandam um tempo significativo para serem compreendidas, selecionadas e aplicadas. Deste modo, a fim de suprir esta lacuna, Tessari e De Carvalho (2015) realizaram um processo de compilação das heurísticas reduzindo as 469 heurísticas analisadas, para 263. Todavia, mesmo após a compilação, os autores reconheceram a necessidade de estudos futuros que atendessem aspectos de exemplificação e indexação destas heurísticas.

Deste modo, o objetivo principal da seguinte dissertação foi desenvolver um catálogo, indexando e exemplificando as 263 heurísticas inventivas, a fim de tornar a compreensão e aplicação das heurísticas mais didáticas e eficientes para projetistas iniciantes na TRIZ.

2. MÉTODO

A pesquisa teve como enfoque a análise qualitativa de natureza interpretativa (MOREIRA e CALEFFE, 2006) e seguiu uma abordagem exploratória (REIS, 2008). A pesquisa ocorreu em quatro fases: i. Análise bibliográfica das heurísticas

da TRIZ; ii. Mapeamento de exemplos por meio de análise simbólica (BACK et al., 2008) e funcional das heurísticas; iii. Estruturação do índice unificado com os exemplos encontrados anteriormente dentro do Catálogo de Heurística; iv. Validação do Catálogo em estudo de caso (YIN, 2015).

3. RESULTADO

Após análise das funções e atributos das heurísticas, e pesquisa de exemplos em bases de dados, optou-se por um modelo de índice unificado contendo 10 classes, para as 263 heurísticas compiladas.



Figura 1 - Exemplo de Classes do Catálogo de Heurísticas
Fonte: Autores (2016)

4. CONCLUSÃO

Observou-se no processo de validação da pesquisa, que o índice unificado proposto, assim como a descrição textual e visual dos exemplos no catálogo, tornou o processo de seleção e uso das heurísticas mais ágil e efetivo para ideação. Entretanto, deve-se atentar em estudos futuros ao processo de analogia dos exemplos das heurísticas, a fim facilitar o processo de abstração de novas soluções pelos projetistas.

REFERÊNCIAS

- ILEVBARE, I.M.; PROBERT, D.; PHAAL, R. A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. *Journal Technovation*. Cambridge, UK, v. 33, n.2-3 , p.30-37, 2013.
- DE CARVALHO, M. A.; WEI, T.C.; SAVRANSKY, SEMYON D.: 121 Heuristics for Solving Problems. Lulu, Inc. Morrisville, NC, 2003.
- TESSARI, R.K.; CARVALHO, M.A. de. Rules for Problem Solving: Qualitative Analysis and Compilation of existing Inventive Heuristics of TRIZ Applied Mechanics and Materials, v.741, p.827-849, 2015.
- MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador. Rio de Janeiro: DP&A, 2006.
- REIS, L.G., Produção de monografia da teoria à prática: O método Educar pela pesquisa. 2 ed. Senac, 2008.
- YIN R.K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman; 2015.
- BACK, N; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J.C.da. Projeto integrado de produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem. Barueri, SP: Manole, 2008.p 258.

FOOD DESIGN – UM ESTUDO SOBRE A OBESIDADE INFANTIL

LETÍCIA HILÁRIO GUIMARÃES, M.Sc. | UEMG
RITA DE CASTRO ENGLER, PhD. | UEMG

1. INTRODUÇÃO

Um contexto caracterizado por alarmantes índices crescentes de obesidade infantil e todas as morbidades que a mesma acarreta, tem se apresentado nas últimas décadas. Pensar o problema através da ótica do design é a proposta desta dissertação que, através das ferramentas do design, propõe novas possibilidades e incentivos para que as crianças criem hábitos mais saudáveis, prevenindo-se assim muitas doenças e garantindo uma vida com mais qualidade. São investigados como a associação de conceitos como Food Design, Design com Intento, Tecnologia Persuasiva e Design de Ludicidade, podem contribuir para o incentivo de hábitos mais saudáveis para o público infantil.



Figura 1 - Esquema projeto Food Design
Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora, 2016

2. OBJETIVOS

O objetivo principal da pesquisa foi compreender, por meio da percepção do design e a aplicação de suas ferramentas, como o mesmo pode contribuir para minimizar este problema complexo que é a obesidade infantil.

3. METODOLOGIA

A metodologia para a realização do projeto fundamenta-se na adoção de uma abordagem metodológica exploratória, predominantemente qualitativa e de caráter experimental. No sentido de delimitar a análise, um estudo de caso foi proposto em duas escolas da rede municipal de ensino na cidade de Pedro Leopoldo (Região Metropolitana de Belo Horizonte). No contexto da dissertação, primeiramente apresenta-se uma breve revisão bibliográfica, sobre os conceitos principais que balizam a pesquisa.

4. RESULTADOS

Como resultado, apresenta-se uma proposta de metodologia composta por oficinas presenciais em escolas da rede pública de ensino, trabalho com os pais, desenvolvimento de produtos como cartilha informativa e jogos, métodos de incentivo, construção de hortas e espaços que contribuam para a qualidade de vida dos estudantes.

Todo o processo foi desenvolvido em parceria com as famílias dos alunos impactados e dos programas públicos já existentes, como forma do design e da pesquisa acadêmica serem mais um suporte no incentivo à prática de hábitos saudáveis, com potencial para tornar-se política pública de saúde.



Figura 2 - Produtos Desenvolvidos
Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora, 2016

REFERÊNCIAS

- AAP - AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. **Dedicated to the health of all children**, 2001/13. Disponível em: <<https://www.aap.org/en-us/Pages/Default.aspx>>.
- ABESO - Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. **Diretrizes brasileiras de obesidade 2009/2010** - 3.ed. - Itapevi, SP : AC Farmacêutica, 2009. ISBN 978-85-60549-15-3
- BAUDRILLARD, Jean. **A sociedade de consumo**. Tradução: Artur Morão. Lisboa: 70 Edições, 2007.
- CARDOSO, Rafael. **Uma Introdução à História do Design**. São Paulo: Edgar Blücher, 2002.
- KRIPPENDORFF, Klaus. **Design centrado no ser humano: uma necessidade cultural**. IN: ARGE. Estudos em design, Rio de Janeiro, v.8, n.3, pp.87-98. set.2000.
- THACKARA, Jonh. **In the bubble: designing in a complex world**. United States. 336 p. 2005.

A SYSTEMS DESIGN APPROACH TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT: EMBRACING THE COMPLEXITY OF ENERGY CHALLENGES IN LOW-INCOME MARKETS

JAIRO DA COSTA JUNIOR, Dr. | TU DELFT

JAN CAREL DIEHL, Dr. | TU DELFT

DIRK SNELDERS, Dr. | TU DELFT

FERNANDO SECOMANDI, Dr. | UERJ

1. INTRODUÇÃO

Os problemas enfrentados em mercados de baixa renda são cada vez mais percebidos como complexos devido às preocupações ambientais, sociais e econômicas envolvidas. Os enormes impactos negativos e a dificuldade dos designers de lidar com a complexidade desses problemas não podem ser superados sem uma mudança de paradigma na maneira como entendemos, abordamos e ensinamos sobre essas questões. No processo de enfrentar esse desafio, podemos nos fazer a seguinte pergunta: “Qual é a melhor abordagem para lidar com um problema social complexo?” Tradicionalmente, uma abordagem para lidar com um problema complexo é simplificá-lo. Em contrapartida, a presente tese visa oferecer uma nova abordagem para lidar com problemas sociais complexos: abraçar a complexidade. Esta pesquisa defende que abraçar a complexidade representa uma mudança significativa de uma abordagem tradicional do design para uma abordagem do design sistêmico em direção ao desenvolvimento sustentável.

Esta tese se concentra em teorias e práticas que são centrais e relevantes para o debate sobre sustentabilidade e pensamento sistêmico no design. O objetivo é avançar o entendimento dos designers sobre questões de sustentabilidade em mercados de baixa renda, como por exemplo desafios de energia sustentável em economias emergentes, para contribuir, por meio do design, para resolver problemas sociais complexos. Por esse motivo, esta investigação se concentra no setor elétrico de mercados de baixa renda, que são particularmente notáveis em economias emergentes da América Latina e África. De um modo geral, consumidores no setor elétrico de mercados de baixa renda não têm acesso a fontes de energia economicamente acessíveis, confiáveis, limpas e modernas, o que resulta, entre outras questões, em poluição, problemas de saúde e altos custos de eletricidade.

Buscar soluções para o setor elétrico de mercados de baixa renda representa uma oportunidade favorável de satisfazer a demanda por energia elétrica em economias emergentes de forma alinhada às metas do desenvolvimento sustentável. No entanto, designers têm, muitas vezes, dificuldade em auxiliar comunidades de baixa renda a melhorar seus padrões de vida, por meio de soluções sustentáveis de energia. Existe consenso de que, sem acesso a produtos e serviços de energia sustentável, não é possível criar sistemas de energia sustentáveis, e consequentemente, não se pode alcançar o desenvolvimento sustentável. Por outro lado, problemas sociais complexos enfrentados no setor elétrico de mercados de baixa renda estão longe de serem óbvios, de forma que as soluções atuais para esses problemas estão longe de serem ideais. Esses problemas geralmente são muito difíceis de solucionar devido a informações limitadas sobre a situação em questão e falta de conhecimento específico do contexto local. No entanto, são demandas que afetam a vida cotidiana da população de baixa renda e que, portanto, merecem atenção urgente.

Embora problemas complexos envolvam altos níveis de complexidade técnica, o termo problemas sociais complexos adotado nesta tese refere-se a problemas complexos em que a complexidade técnica está entrelaçada com a complexidade social e as relações entre humanos e instituições são centrais para a solução do problema. Além disso, o conceito de complexidade adotado nesse trabalho também se refere à falta de conhecimento das características do sistema em vigor, à falta de compreensão do problema em questão e à falta ou incerteza do conhecimento necessária para lidar com o problema. Esta investigação sugere que a integração do pensamento sistêmico e o campo do design é uma abordagem promissora para enfrentar a crescente complexidade dos problemas sociais. A pergunta de pesquisa central propõe obter insights sobre abordagens orientadas ao design

de sistemas (também denominadas nesta tese como Design Sistêmico). Em particular, esse trabalho concentra-se em abordagens e metodologias de sistemas para desenvolver sistemas produto-serviço para problemas sociais complexos, como os encontrados no setor elétrico de mercados de baixa renda em países como Brasil e Uganda.

Sistema Produto-Serviço (PSS) consiste em um sistema de produtos, serviços, cadeia produtiva e infraestrutura que envolve diversos atores para oferecer funcionalidade, utilidade e satisfação (MONT, 2002). Para muitos autores, a adoção do pensamento sistêmico no PSS é fundamental para uma conceituação adequada e o entendimento profundo do sistema em vigor (AFSHAR; WANG, 2010; CAVALIERI; PEZZOTTA, 2012). Portanto, essa tese contribui para a pesquisa em PSS e Design Sistêmico porque aborda a necessidade de expandir o escopo do PSS, remodelando o foco em combinações de produtos e serviços em direção a um PSS mais completo, capaz de lidar com problemas sociais complexos.

Com o fim de atingir esse objetivo, a presente pesquisa investiga a teoria e a prática de sistemas para entender as implicações do pensamento sistêmico no design e oferece recomendações para a sua adoção em abordagens do design, como o PSS. Esta investigação baseia-se na hipótese de que a diferença entre as abordagens tradicionais do design e as abordagens do design sistêmico está em suas suposições em relação aos limites e escopo do design. Em outras palavras, o design sistêmico procura alcançar uma perspectiva holística, multinível e pluralista que abraça a complexidade do sistema em vigor. Com base na definição do problema, a pergunta central e perguntas secundárias da pesquisa são propostas da seguinte forma:

PERGUNTA CENTRAL DE PESQUISA:	
<p>PC. Como o pensamento sistêmico pode contribuir para lidar com a complexidade do design sustentável de sistemas produto-serviço para mercados de baixa renda de energia?</p>	
ESTRATÉGIA DE PESQUISA	PERGUNTAS SECUNDÁRIAS
<p>FASE TEÓRICA (Capítulo 2)</p>	<p>PS1. O que caracteriza problemas sociais complexos no setor energético de mercados de baixa renda?</p> <p>PS2. Como o pensamento sistêmico foi desenvolvido como uma maneira de lidar com problemas sociais complexos?</p> <p>PS3. Até que ponto o pensamento sistêmico oferece a melhor abordagem para o design de soluções voltadas para problemas sociais complexos?</p>
<p>FASE EMPÍRICA</p> <p>Observações de Práticas Existentes (Capítulo 3)</p> <p>Intervenções na Educação em Design (Capítulos 4-5)</p>	<p>PS4. O que a adoção do pensamento sistêmico como um perspectiva multinível pode oferecer para melhorar soluções energéticas em programas de eficiência energética para baixa renda?</p> <p>PS5. Como o pensamento sistêmico pode ajudar estudantes de design no desenvolvimento de conceitos de sistema produto-serviço (PSS) mais sustentáveis para mercados de baixa renda?</p> <p>PS6. Como desenvolver a capacidade nos estudantes de design de responder à complexidade dos problemas sociais, como aqueles encontrados em mercados de baixa renda?</p>

Figura 01 - Estratégia de Pesquisa.
 Fonte: Autores

Seguindo a estrutura de pesquisa descrita acima, essa tese é composta por quatro estudos principais (COSTA JUNIOR; DIEHL; SECOMANDI, 2018, 2019; COSTA JUNIOR; SANTOS; DIEHL, 2017; DA COSTA JUNIOR; DIEHL; SNELDERS, 2019) publicados ou submetidos como artigos de periódicos revisados por pares. Cada publicação aborda uma ou mais perguntas de pesquisa que ajudam a responder à pergunta central de pesquisa. Cabe ressaltar que os capítulos não refletem a publicação cronológica dos artigos. Consequentemente, a criação do conhecimento não é linear (por exemplo, um capítulo pode não se basear inteiramente no conhecimento gerado no estudo anterior). No entanto, os resultados de cada estudo se reúnem para fornecer contribuições para três áreas principais no campo de design: teoria (Capítulo 2), prática (Capítulo 3) e educação (Capítulo 4-5).

2. FASE TEÓRICA

A pesquisa preliminar desta investigação é relatada no Capítulo 1. O primeiro capítulo introduz a justificativa e a motivação para a presente investigação. Ele reconhece algumas das limitações do uso de abordagens do design mais tradicionais para entender problemas sociais complexos no setor elétrico de mercados de baixa renda. Além disso, argumenta que uma abordagem mais holística pode ser adotada para complementar a natureza reducionista dos métodos científicos tradicionais adotados no design. Além disso, ressalta que o potencial de desencadear mudanças radicais em termos tecnológicos e socioculturais reside em abordagens do design que consideram a capacidade do design de lidar com a complexidade. Em seguida, o capítulo concentra-se em soluções energéticas que integram produtos, serviços e infraestrutura para oferecer satisfação por meio de melhor funcionalidade e utilidade para o sistema.

Além disso, o Capítulo 1 indica que os sistemas produto-serviço (PSS) sustentáveis oferecem uma oportunidade para satisfazer a demanda de energia nos mercados de baixa renda com soluções compatíveis com o desenvolvimento sustentável. Isso demonstra por que o desenvolvimento de sistemas produto-serviço sustentáveis para o setor elétrico de mercados de baixa renda é imprescindível para economias emergentes e em desenvolvimento que visam conciliar desenvolvimento socioeconômico com proteção ambiental. A revisão preliminar da literatura fornece evidências de que o PSS é um conceito promissor para estimular a geração, distribuição e consumo sustentáveis de energia.

Os resultados apresentados no Capítulo 1 sugerem que, embora promissor, o PSS geralmente fracassa em mercados de baixa renda devido à particularidade da complexidade social existente nesses contextos. Nesse contexto, o capítulo demonstra como o pensamento sistêmico pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas produto-serviço mais sustentáveis no setor elétrico de mercados de baixa renda. O capítulo conclui que, para desenvolver soluções energéticas mais sustentáveis em mercados de baixa renda, designers precisam aumentar a capacidade de lidar com problemas sociais complexos por meio da adoção de quatro princípios fundamentais do pensamento sistêmico: perspectiva holística; perspectiva multinível; perspectiva pluralista (diversidade de pontos de vista); e capacidade de lidar com altos níveis de complexidade.

A pesquisa preliminar apresentada no Capítulo 1 sugere que o pensamento sistêmico pode auxiliar a desenvolver melhores soluções sustentáveis para o setor elétrico de mercados de baixa renda. No Capítulo 2, a adoção do pensamento sistêmico no design é explorada para destacar algumas implicações do uso do design sistêmico para solucionar problemas sociais complexos. O Capítulo 2 visa fornecer uma fundamentação teórica do pensamento sistêmico para a investigação e foi desenvolvido com base no conhecimento construído em todos os capítulos da tese. O objetivo principal do capítulo é promover o entendimento das implicações das abordagens e metodologias de sistemas e explorar a adoção de princípios do pensamento sistêmico no campo do design.

O capítulo demonstra que os princípios do pensamento sistêmico fornecem um valioso corretivo ao reducionismo advindo do emprego do método científico tradicional para lidar com problemas sociais complexos. Uma extensa revisão da literatura descreve aspectos significativos do pensamento sistêmico. Adicionalmente, abordagens e metodologias de sistemas apropriadas para a aplicação no campo de design são identificadas e suas contribuições para o desenvolvimento de soluções para problemas sociais complexos são propostas e debatidas. Estudos anteriores tentaram explorar o campo do pensamento sistêmico para oferecer recomendações de como aplicar metodologias e ferramentas de sistemas no design. No entanto, pouca atenção foi dada à forma como designers interpretaram e empregaram essas metodologias e ferramentas sistêmicas para lidar com problemas sociais complexos.

O Capítulo 2 investiga o processo de integração do pensamento sistêmico no design e fornece uma visão geral do emergente campo de estudo da abordagem do design sistêmico para problemas sociais complexos. O capítulo resume o estado da arte atual, descrevendo como

abordagens do design sistêmico existentes vêm fornecendo contribuições significativas para a transição de uma abordagem tradicional do design para uma perspectiva orientada ao design de sistemas. Com base nesses insights teóricos, o capítulo enfatiza a oportunidade de desenvolver ainda mais as abordagens do design sistêmico existentes por meio da exploração sistemática e informada do pensamento sistêmico. O estudo resulta em uma estrutura conceitual que oferece critérios para a integração do pensamento sistêmico no design. Consequentemente, a principal contribuição do estudo é fornecer uma estrutura que permita o desenvolvimento de novas abordagens e o fortalecimento de abordagens do design sistêmico já existentes, auxiliando designers a utilizarem de forma plena os recursos do pensamento sistêmico.

3. FASE EMPÍRICA

O Capítulo 3 investiga a adoção do pensamento sistêmico como uma perspectiva multinível que auxilia a compreensão das restrições impostas pela complexidade dos desafios energéticos em programas de eficiência energética para baixa renda no Brasil. O Brasil foi selecionado para este estudo empírico porque apresenta muitos desafios energéticos relevantes para o desenvolvimento sustentável que requerem atenção urgente. Com base em teorias do design com fundamentação no pensamento sistêmico, são analisados três níveis de agregação do setor energético brasileiro para o segmento de baixa renda com o objetivo de obter insights para desenhar soluções energéticas sustentáveis. O capítulo é conduzido por meio de uma extensa revisão de literatura, estudos de caso descritivos e entrevistas com profissionais e especialistas.

Estudos anteriores mostraram que, embora fundamentais, melhorias à nível tecnológico são limitadas para criar transições para sistemas de energia sustentável. Por esse motivo, para enfrentar os desafios energéticos nos mercados de baixa renda, é necessário mudar o foco de atenção apenas de melhorias tecnológicas para uma perspectiva social mais ampla que leve em consideração transformações organizacionais e socioculturais, o que implica em altos níveis de complexidade social. Este estudo contribui para a evidência do conhecimento sobre a complexidade do setor elétrico de mercados de baixa renda e para o entendimento das implicações de uma análise multinível para o desenvolvimento de soluções energéticas mais sustentáveis. Além disso, demonstra que esse conhecimento é valioso para o redesign de programas de energia para baixa renda e para informar o desenvolvimento de novas políticas de energia e revisar políticas existentes.

Os resultados mostram que a adoção de uma perspectiva multinível em programas de eficiência energética para baixa renda permite que formuladores de políticas e solucionadores de problemas identifiquem restrições e oportunidades relevantes em todos os níveis do sistema. Mais especificamente, por meio de uma análise multinível do sistema em vigor, o capítulo revela os principais aspectos que impedem que as soluções desenvolvidas em programas de eficiência energia para baixa renda alcancem níveis mais altos de sustentabilidade. Além disso, produz insights para recomendações que possam melhorar a situação atual nesses contextos de baixa renda. O capítulo demonstra que compreender e superar os desafios técnicos e sociais presentes em soluções energéticas é crucial para aumentar a capacidade dos programas de eficiência energética de alcançar níveis mais altos de benefícios socioeconômicos e diminuir os impactos ambientais negativos em comunidades de baixa renda.

Os resultados sugerem que a abordagem do design sistêmico exige que os designers lidem com um grau de complexidade mais substancial em comparação com outras abordagens do design mais tradicionais. Consequentemente, eles devem estar preparados para lidar com um novo conjunto de conhecimentos, habilidades e ferramentas orientados a sistemas apropriados para lidar com essa nova realidade. Para enfrentar esse tema, que é um desafio significativo para o ensino do design, os dois últimos capítulos da tese são dedicados a trazer contribuições que apoiem o desenvolvimento da capacitação para a abordagem do design sistêmico.

Como designers são geralmente educados para aplicar abordagens tradicionais do design, as instituições de ensino superior se tornam um agente essencial para a difusão do design sistêmico. Portanto, as intervenções realizadas nos Capítulos 4 e 5 exploram a aplicação da abordagem do design sistêmico por alunos de pós-graduação para projetar conceitos de sistemas produto-serviço sustentáveis. As intervenções permitiram testar a hipótese de pesquisa e o modelo teórico apresentado no Capítulo 3. Além disso, proporcionaram uma exploração inicial da estrutura conceitual descrita no Capítulo 2.

A intervenção no Capítulo 4 forneceu um exercício exploratório, no qual uma abordagem do design sistêmico foi aplicada por alunos da Universidade de Tecnologia de Delft (Holanda) para desenvolver conceitos de sistema produto-serviço para identificar vantagens e desvantagens nesse processo. No Capítulo 5, estudantes de design familiarizados com o setor elétrico de mercados de baixa renda testam uma abordagem do design sistêmico para

responder aos desafios energéticos enfrentados pelas comunidades de baixa renda em Uganda. Esse estudo baseia-se no Capítulo 4 e busca entender melhor o processo de aprendizagem do design sistêmico e os meios para auxiliar essa aprendizagem no campo do design.

O Capítulo 4 relata uma disciplina de mestrado chamada Sistema Produto-Serviço que aplica o pensamento sistêmico no desenvolvimento de conceitos sistema produto-serviço sustentáveis para problemas sociais complexos. O capítulo explora as instituições de ensino superior como base para a transferência de conhecimento entre vários atores durante o processo de desenvolvimento de soluções focadas na necessidade de gerar energia acessível para famílias de baixa renda e implementar ajuda humanitária em situações de emergência. Neste estudo, equipes multidisciplinares de estudantes da Universidade de Tecnologia de Delft usam conhecimentos e habilidades com base em uma abordagem do design sistêmico chamada System Oriented Design para desenvolver doze conceitos de PSS. O estudo foi realizado em colaboração com a Universidade Federal do Paraná (e parceiros) no Brasil e a Unidade de Inovação da Organização não Governamental Médicos Sem Fronteiras, na Suécia. Por esse motivo, o escopo do estudo foi estendido para abordar o contexto da ajuda humanitária.

Os dados empíricos usados no Capítulo 4 emergem de um conjunto de conceitos de PSS desenvolvidos para mercados de baixa renda, conduzidos por equipes de estudantes em um curso multidisciplinar. Com base nas atividades de design realizadas pelos alunos e no resultado dos projetos, o capítulo apresenta e discute as vantagens e os desafios relacionados ao contexto e ao processo de aplicação do pensamento sistêmico em design. Os resultados demonstram que a abordagem do design sistêmico fornece aos alunos uma base sólida de conhecimentos e habilidades para lidar com problemas sociais complexos. No entanto, permanece a necessidade de introduzir recursos apropriados (por exemplo, metodologias, ferramentas e habilidades relacionadas ao design sistêmico) no currículo atual do design, o que torna a transição da abordagem tradicional do design para o design sistêmico um desafio. As descobertas indicam a necessidade de desenvolver novas competências orientadas ao pensamento sistêmico em estudantes de design.

O Capítulo 5 descreve uma disciplina de mestrado chamada Design de Sistemas para Energia Sustentável para Todos. O curso propôs desenvolver e testar os recursos de ensino baseados no pensamento sistêmico e promover a capacitação para a abordagem do design sistêmico.

Estudantes Ugandeses de design da Universidade Makerere, familiarizados com o contexto local, adotam o design sistêmico para confrontar os desafios energéticos enfrentados por comunidades de baixa renda em Uganda. O capítulo sugere competências essenciais para o desempenho hábil ao projetar conceitos de sistema produto-serviço voltados para o setor elétrico de mercados de baixa renda e demonstra o processo de aplicação de tais competências. O Capítulo 4 fornece informações básicas, o que ajuda a desenvolver os alicerces de um novo conjunto de conhecimentos, habilidades e ferramentas para lidar com problemas sociais complexos. O Capítulo 5 restringe o escopo do estudo e concentra-se na construção de capacidades para aplicar o pensamento sistêmico no desenvolvimento de conceitos de PSS para atingir soluções energéticas sustentáveis em contextos de baixa renda.

Além disso, no Capítulo 5 é fornecida para educadores uma lista de aspectos cognitivos relevantes para a capacitação para a abordagem do design sistêmico. Ademais, o capítulo demonstra o processo de integração do pensamento sistêmico no currículo do curso para auxiliar os alunos no desenvolvimento de soluções sustentáveis para o setor elétrico de mercados de baixa renda em Uganda. As descobertas apoiam o fato de que abordagens do design baseadas no pensamento sistêmico podem ajudar a lidar com a crescente complexidade dos problemas sociais enfrentados pela sociedade, e que se espera que a futura geração de profissionais de design seja capaz de resolver. Dessa forma, uma contribuição significativa do estudo para o campo de educação em design é propor competências-chaves necessárias para solucionar a lacuna em capacitação para lidar com complexidade no contexto do design.

4. FASE EMPÍRICA

O Capítulo 6 fornece um resumo geral das principais descobertas emergentes da tese. São apresentadas contribuições para a teoria, educação e prática do design. Quatro contribuições principais são fornecidas por esta pesquisa de doutorado:

- Explorar a integração do pensamento sistêmico no design, em particular adotando a abordagem do design sistêmico para desenvolver soluções energéticas sustentáveis para mercados de baixa renda.
- Ampliar o escopo do design de sistemas produto-serviços através da introdução de quatro princípios do pensamento sistêmico: perspectiva holística; perspectiva multinível; perspectiva pluralista (diversidade de pontos de vista); e capacidade de lidar com complexidade.

- Propor ferramentas heurísticas para a integração do pensamento sistêmico no design, que permitam desenvolver novas abordagens e aprimorar abordagens de design sistêmico já existentes.

- Aumentar a capacitação para o design sistêmico de problemas sociais complexos por meio da educação em design.

O Capítulo 6 sugere que o projeto de soluções energéticas sustentáveis para mercados de baixa renda requer intervenções eficazes, capazes de lidar com altos níveis de complexidade dos problemas enfrentados pela sociedade. Para isso, é necessária a adoção de uma abordagem do design sistêmico, como complemento para a abordagem reducionista tradicional adotada em design. Isso significa abraçar a complexidade dos sistemas, contextos ou problemas da sociedade e empregar novas formas de pensamento, conhecimento e habilidades para lidar com essa complexidade.

REFERÊNCIAS

- AFSHAR, M.; WANG, D. Systems thinking for designing sustainable product service systems: A case study using a system dynamics approach. *Design Principles and Practices*, v. 4, n. 6, p. 259–273, 2010.
- CAVALIERI, S.; PEZZOTTA, G. Product–Service Systems Engineering: State of the art and research challenges. *Computers in Industry*, v. 63, n. 4, p. 278–288, maio 2012.
- COSTA JUNIOR, J.; DIEHL, J. C.; SECOMANDI, F. Educating for a systems design approach to complex societal problems. *Journal of Engineering Design*, v. 29, n. 3, p. 65–86, 4 mar. 2018.
- COSTA JUNIOR, J.; SANTOS, A. L. R. DOS; DIEHL, J. C. Introducing systems oriented design for complex societal contexts in design engineering education. *FormAkademisk - forskningstidsskrift for design og designdidaktikk*, v. 10, n. 1, p. 1–20, 14 mar. 2017.
- COSTA JUNIOR, J.; DIEHL, J. C.; SECOMANDI, F. Towards Systems-Oriented Energy Solutions: A Multilevel Analysis of a Low-Income Energy Efficiency Program in Brazil. *Sustainability*, v. 11, n. 5799, p. 1–22, 2019.
- COSTA JUNIOR, J.; DIEHL, J. C.; SNELDERS, D. A framework for a systems design approach to complex societal problems. *Design Science*, v. 5, n. e2, p. 1–32, 17 jan. 2019.
- MONT, O. Clarifying the concept of product–service system. *Journal of cleaner production*, From Duplicate 2 (Clarifying the concept of product-service system - Mont, Oksana)From Duplicate 2 (Clarifying the concept of product-service system - Mont, O K)cited By (since 1996) 194, v. 10, n. 3, p. 237–245, 2002.



CCE | CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO
CTC | CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE DESIGN