



# Mix Sustentável

ISSN 2447-0899  
ISSNe 2447-3073



**UFSC**

V7. N3 | 2021

AGOSTO

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 (Equador)  
Carlo Franzato, UNISINOS  
Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha Bártolo, IPL (Portugal)  
José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, IPL (Portugal)  
Jorge Lino Alves, UP - INEGI (Portugal)  
Lisiane Ilha Librelotto, UFSC  
Miguel Aloysio Sattler, UFRGS  
Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC  
Rachel Faverzani Magnago, UNISUL  
Roberto Bologna, UniFI (Itália)  
Tomás Queiroz Ferreira Barata, UNESP  
Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ

## APOIO À EDITORAÇÃO

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 Márcio Toledo, UFAL, Aline Eyng Savi, UNESC, Almir Barros da S. Santos Neto, UFSM, Amilton José Vieira de Arruda, UFPE, Ana Kelly Marinoski Ribeiro, UFSC, Ana Lígia Papst de Abreu, IFSC, Ana Paula Kieling, UNIVALI, Ana Veronica Pazmino, UFSC, Anderson Saccol Ferreira, UNOESC, André Canal Marques, UNISINOS, Andrea Jaramillo Benavides, IKIAM, Ângela do Valle, UFSC, Antonio Ludovico Beraldo, UNICAMP, Anja Pratschke, USP, Arnaldo Debatin Neto, UFSC, Ayrton Portilho Bueno, UFSC, Beany Guimarães Monteiro, UFRJ, Camila Correia Teles, UnB, Carla Arcoverde de Aguiar Neves, IFSC, Carla Martins Cipolla, UFRJ, Carla Pantoja Giuliano, FEEVALE, Carlos Alberto Mendes Moraes, UNISINOS, Carlos Humberto Martins, UEM, Carlo Franzato, UNISINOS, Celso Salamon, UTFPR, Cesar Fabiano Fioriti, UNESP, Chrystianne Goulart Ivanoski, UFSC, Cláudia Queiroz Vasconcelos, UNIFESSPA, Cláudio Pereira de Sampaio, UEL, Coral Michelin, UPF, Cristiano Alves, UFSC, Cristina Colombo Nunes, UFSC, Cristina Souza Rocha, UNIVERSIDADE DE LISBOA, Cristine do Nascimento Mutti, UFSC, Daiana Cardoso de Oliveira, UNISUL, Daniela Neumann, UFRGS, Deivis Luis Marinoski, UFSC, Denise Dantas, USP, Eduardo Rizzatti, UFSM, Elenir Carmen Morgenstern, UNIVILLE, Eliana Paula Calegari, UFRGS, Eliane Pinheiro, UEM, Fabiane Escobar Fialho, FADERGS, Fabiano Ostapiv, UTFPR, Fábio Gonçalves Teixeira, UFRGS, Fernanda Hansch Beuren, UDESC, Fernando Barth, UFSC, Fabricio Farias Tarouco, UNISINOS, Francisco Assis Silva Mota, UFPI, Gabriel Cremona Parma, UNISUL, Germannya D'Garcia de Araújo Silva, UFPE, Giovanni Maria Arrigone, SENAI, Guilherme Philippe Garcia Ferreira, UFPR, Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha Bártolo, IPL, Inara Pagnussat Camara, UNOESC, Ingrid Scherdien, FEEVALE, Isabela Battistello Espíndola, USP, Isadora Burmeister Dickie, UNIVILLE, Ítalo de Paula Casemiro, UFRJ, Itamar Ferreira Silva, UFCG, Ivan Luiz de Medeiros, UFSC, Jacqueline Keller, SENAC, Jairo da Costa Júnior, TU DELF, João Candido Fernandes, UNESP, Jocelise Jacques de Jacques, UFRGS, Joel Dias da Silva, FURB, José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, IPE, Jorge André Ribas Moraes, UNISC, Josiane Wanderlinde Vieira, UFSC, Júlio Cezar Augusto da Silva, INT, Karine Freire, UNISINOS, Leonardo Corrêa Malburg, ISEL, Liliane Iten Chaves, UFF, Lisandra de Andrade Dias, UFSC, Lisiane Ilha Librelotto, UFSC, Lucila Naiza Soares Novaes, UFCE, Luis Oliveira, WMG, Luiz Vidal Gomes, UNERJ, Luciana de Figueiredo Lopes Lucena, UFRN, Marcelo de Mattos Bezerra, PUC-Rio, Marcelo Gitirana Gomes-Ferreira, UDESC, Márcio Pereira Rocha, UFPR, Marco Antônio Rossi, UNESP, Marco Aurélio Petrelli, UNIVALI, Maria Fernanda Oliveira, UNISINOS, Maria Luisa Telarolli de Almeida Leite, USP, Mariana Kuhl Cidade, UFSM, Marina de Medeiros Machado, UNISUL, Marli Teresinha Everling, Marta Karina Leite, UTFPR, Manuela Marques Lalane Nappi, UFSC, Maycon Del Piero da Silva, UNEOURO, Michele Tereza Carvalho, UnB, Miguel Aloysio Sattler, UFRGS, Miguel Barreto Santos, IPL, Nadja Maria Mourão, UEMG, Neide Schulte, UDESC, Niander Aguiar Cerqueira, UENF, Normando Perazzo Barbosa, UFPB, Obede Borges Faria, UNESP, Patricia Freitas Nerbas, UNISINOS, Paola Egert Ortiz, UNISUL, Paula Schlemper de Oliveira, UnB, Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC, Paulo Roberto Silva, UFPE, Paulo Roberto Wander, UNISINOS, Pedro Arturo Martínez Osorio, UNESP, Rachel Faverzani Magnago, UNISUL, Rafael Burlani Neves, UNIVALI, Regiane Trevisan Pupo, UFSC, Renata Priore Lima, UNESP, Rita de Castro Engler, UEMG, Roberto Bologna, UniFI, Rodrigo Antunes, UF, Rodrigo Catafesta Francisco, FURB, Ronaldo Glufke, UFSM, Sérgio Ivan dos Santos, UNIPAMPA, Sérgio Manuel Oliveira Tavares, UP, Sharmistha Banerjee, IIT, Silvio Bitencourt da Silva, UNISINOS, Silvio Burattino Melhado, USP, Silvio Cezar Carvalho Prizibela, UFSC, Sonia Afonso, UFSC, Sonia Regina Amorim Soares de Alcantara, UFC, Sydney Fernandes de Freitas, UFRJ, Tarcisio Dom de Oliveira, UNIJUÍ, Tomás Queiroz Ferreira Barata, UNESP, Uda Souza Fialho, UFRGS, Vanessa Casarin, UFSC, Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ, Vinicius Luis Arcangelo Silva, UNESP, Virginia Pereira Cavalcanti, UFPE, Viviane dos Guimarães Alvim Nunes, UFU, Walter Franklin M. Correia, UFPE, Wilson Jesus da Cunha Silveira, UNISUL.



# 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

No QUALIS/CAPES 2020 recebeu a indicação de pré-avaliação para a categoria A4.

## 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. Todas 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 211 revisores, oriundos de 67 instituições de ensino Brasileiras e 8 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; usar uma fonte de 12 pontos; empregar itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL); as figuras e tabelas devem estar inseridas no texto, não no final do documento na forma de anexos.

Enviar 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 Aguinaldo dos Santos, UFPR - Universidade Federal Do Paraná, Brasil; Amilton José Vieira de Arruda, UFPE - Universidade Federal De Pernambuco, Brasil; Andrea Jaramillo Benavides, IKIAM - Universidad Regional Amazónica, Equador; Carlo Franzato, UNISINOS - Universidade Do Vale Dos Sinos, Brasil; Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha Bártolo, IPL - INSTITUTO POLITÉCNICO DE LEIRIA, Portugal; José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, IPE - Escola Superior De Artes E Design - Politécnico De Leiria, Portugal; Jorge Lino Alves, UP - INEGI - Universidade Do Porto, Portugal; Lisiane Ilha Librelotto, UFSC - Universidade Federal De Santa Catarina, Brasil; Miguel Aloysio Sattler, UFRGS - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Brasil; Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC - Universidade Federal De Santa Catarina, Brasil; Rachel Faverzani Magnago, UNISUL - Universidade Do Sul De Santa Catarina, Brasil; Roberto Bologna, UniFI - Università Degli Studi Di Firenze, Itália; Tomás Queiroz Ferreira Barata, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Brasil; Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ - Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Brasil.

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.

## **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** **THE USAGE OF THE ACAI STONE AS REINFORCEMENT FOR THE MODELING OF PLANT POLYURETHANE MATRIX COMPOSITE MATERIAL** | *O USO DO CAROÇO DO AÇAÍ COMO REFORÇO PARA A MODELAGEM DE MATERIAL COMPÓSITO DE MATRIZ DE POLIURETANO VEGETAL* | Brenna Paula Boaventura Corrêa Cavalcanti, Geraldo Lira De Souza, Acursio Ypiranga Benevides Júnior, Claudete Barbosa Ruschival, Magnólia Grangeiro Quirino & Daniel Ferreira De Castro.
- 29** **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE PÓ RESIDUAL DO PROCESSO DE RETÍFICA À SECO DE PLACAS CERÂMICAS EM ARGAMASSAS COLANTES INDUSTRIALIZADAS** | *STUDY OF THE INFLUENCE OF THE RESIDUAL POWDER APPLICATION OF THE DRY GRINDING PROCESS OF CERAMIC PLATES IN INDUSTRIALIZED ADHESIVE MORTARS* | Renata Pereira Sartor, Jaison Araújo Speck, Aline Eyng Savi, Jorge Henrique Piva & Elaine Guglielmi Pavei Antunes
- 41** **DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE CONHECIMENTO DAS PARTES INTERESSADAS SOBRE A RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA DOS RESÍDUOS GERADO PELO COCO VERDE PÓS-CONSUMO NA REGIÃO LITORÂNEO DO RIO GRANDE DO SUL** | *DEFINITION OF THE LEVEL OF KNOWLEDGE OF INTERESTED PARTIES ON THE SHARED RESPONSIBILITY OF WASTE GENERATED BY POST-CONSUMPTION COCONUT GREEN IN THE COASTAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL* | Ana Cristina Curia, Carlos Alberto Mendes Moraes, Regina Célia Espinosa, Adriane Brill Thum, André Luis Korzenowski
- 53** **DILEMAS PARA O USO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE SANEAMENTO RURAL: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA RURAL EM PONTALINA, GOIÁS** | *DIFFICULTIES FOR THE USE OF ALTERNATIVE RURAL SANITATION SOLUTIONS: AN EVALUATION FROM THE PROGRAM MINHA CASA MINHA VIDA RURAL IN PONTALINA, GOIÁS* | Larissa Raymundo Da Silva, Yan Machado Sousa, Yasmin Lino Dias, Sara Duarte Sacho & Karla Emmanuela Ribeiro Hora
- 65** **SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PLACAS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA** | *LIGHT STEEL FRAMING CONSTRUCTION SYSTEM: PERFORMANCE EVALUATION OF THE RECONSTITUTED WOODEN BOARDS* | Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco, Janaína Costa Rezende, Francisco Carlos Rodrigues, Júlio Cezar Silva Marques & Judy Norka Rodo Mantilla
- 77** **AS PESQUISAS CIENTÍFICAS DE DESIGN E BAMBU NO BRASIL: ÊNFASES E LACUNAS** | *DESIGN AND BAMBOO SCIENTIFIC RESEARCH IN BRAZIL: EMPHASIS AND GAP* | Conrado Renan da Silva, Marco Antônio dos Reis Pereira & Tomás Queiroz Ferreira Barata
- 89** **AVALIAÇÃO LABORATORIAL DE MISTURA ASFÁLTICA A QUENTE PRODUZIDA COM GRAFITE COMERCIAL** | *LABORATORY ASSESSMENT OF HOT ASPHALT MIXTURE PRODUCED WITH COMMERCIAL GRAPHITE* | Alex Gomes Pereira, Regina Célia Espinosa Modolo & Benício De Morais Lacerda
- 99** **PORTOS SUSTENTÁVEIS E OS INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL, ECONÔMICO E SOCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DA COMUNIDADE LOCAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA** | *SUSTAINABLE PORTS AND ENVIRONMENTAL, ECONOMIC AND SOCIAL PERFORMANCE INDICATORS FOR LOCAL COMMUNITY DEVELOPMENT: A SYSTEMATIC REVIEW* | Luciane Silva Franco, Sergio Luis Dias Doliveira, Antonio Carlos Franco & Simone Soares
- 111** **TELHADOS VERDES: UMA PROPOSTA PARA O USO DE ESPÉCIES NATIVAS DO BRASIL** | *GREEN ROOFS: A PROPOSAL FOR USE NATIVE SPECIES IN BRAZIL* | Douglas Santos Oliveira, Domingos Savio Rodrigues & Clovis José Fernandes De Oliveira Jr.

**127** VEGANISMO E CONSUMO CONSCIENTE: REFLEXÕES SOBRE O SETOR DE VESTUÁRIO BRASILEIRO | *VEGANISM AND CONSCIOUS CONSUMPTION: THINKING ABOUT THE BRAZILIAN CLOTHING SECTOR* | Valdecir Babinski Júnior, Mariana Moreira Carvalho, Mariana Luísa Schaeffer Brilhante, Dulce Maria Holanda Maciel & Neide Köhler Schulte,

**141** MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO EM OBRAS PÚBLICAS POR MEIO DO PROCESSO BIM | *CONSTRUCTION WASTE MINIMIZATION IN PUBLIC BUILDINGS THROUGH BIM PROCESS* | Leticia Mattana, Veronica Martins Gnecco & Michele Fossati

**153** BIOFABRICAÇÃO: CULTIVO DE CELULOSE BACTERIANA PARA A ÁREA DE MODA | *BIOFABRICATION: BACTERIAL CELLULOSE CULTIVATION FOR FASHION APPLICATION* | Bruna Lummertz Lima, Andressa Schneider Alves & Geannine Cristtina Ferreira Martins

## TCC's

**165** UM OLHAR PARA AS CIDADES A PARTIR DO ESTUDO SOBRE AS ILHAS DE CALOR URBANAS | Estéfane da Silva Lopes & Karla Emmanuela Ribeiro Hora

## DISSERTAÇÕES

**167** ESTUDO GEOMORFOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO RIO PARAÍBA DO SUL COM USO DE GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO CHUVA-VAZÃO | Dhiego Da Silva Sales, Vicente De Paulo Santos De Oliveira & Jader Lugon Junior

**169** VALORIZAÇÃO DE POLIPROPILENO PÓS-CONSUMO EM MATERIAIS COMPÓSITOS MADEIRA-PLÁSTICO | Monique Venâncio & Joel Dias da Silva

## TESES

**171** INOVAÇÃO EM COMPOSTAGEM POR MEIO DE REATOR ROTATIVO HERMÉTICO | Edvaldo José Scoton & Rosane Aparecida Gomes Battistelle

**173** GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DOMICILIARES: ANÁLISE DOS FATORES CRÍTICOS PARA O SUCESSO AMBIENTAL | Rafael Mattos Deus & Rosane Aparecida Gomes Battistelle



# EDITORIAL

---

Mantendo a pontualidade em nossa periodicidade, lançamos nesse dia a edição regular volume 7, número 3 (2021), que corresponde ao vigésimo terceiro exemplar de nossa coleção.

Dissertar sobre as dificuldades decorrentes da pandemia Covid-19, tanto em recursos humanos quanto financeiros, embora ainda possa refletir nosso desalento, tornou-se praxe e sem desmerecer sua importância, deslocamo-nos a abordar um novo assunto. No editorial passado comentamos, com satisfação, a inclusão da revista MIX Sustentável no portal de periódicos da UFSC. Agora, nesse editorial, precisamos informar nossos leitores sobre a desistência de pertencer ao portal, decisão tomada já na primeira reunião com a equipe de gestão do portal.

A decisão de continuarmos sem fazer parte do portal de periódicos da universidade, longe de ser leviana, foi pautada em aspectos que relacionam respeito, dedicação e reconhecimento.

Por respeito, entendemos ser uma questão fundamental, mútua. Dessa maneira, reconhecemos os benefícios advindos da inclusão do nosso periódico no portal, que funcionaria como um cancelamento por parte da universidade da qualidade do mesmo. Não podemos deixar, contudo, de perceber questões de imposição e perda de identidade. E nesse sentido tivemos como impressão que as pessoas que estão à frente do processo parecem alheias às questões próprias e específicas de cada periódico, que vão desde preferências até expertises, num talvez não perceptível desrespeito ao trabalho já realizado.

Após 6 anos de edição deste periódico, migrar ao portal de periódicos da UFSC significaria perder os endereços de nossas páginas, ter nossos emails submetidos pela identificação do portal e em retribuição receberíamos o apoio com orientações sobre como devemos conduzir o nosso processo editorial, mesmo após anos de experiência. Que se frise essa experiência, iniciada em 2015, com uma negativa de acesso à incubadora de periódicos da UFSC, pelo entendimento (pelos gestores da incubadora) que o tema da sustentabilidade aplicada em projetos não seria relevante por si só para gerar uma publicação e despertar o interesse científico. Foi nos recomendada a fusão com um outro periódico, como forma de justificativa. Desde lá, decidimos empreender sozinhos esta jornada e criamos a nossa página da UFSC e incluímos o periódico no sistema OJS.UFSC, junto com outras 20 iniciativas, que como nós, tiveram suas propostas não acolhidas junto à incubadora.

Desvendamos sozinhos, pouco a pouco, os meandros da qualificação QUALIS, da gestão dos periódicos em processo de revisão por pares duplo - cega, nas duas frentes, online e impressa. Criar ISSN, EISSN, DOIs, regatear por preços e encontrar meios que nos representassem e possibilitassem o custeio deste, sem contar com recursos de financiamento, foi um dos maiores problemas a contornar. Nisto, agradecemos a parceria com a ABEC (Associação Brasileira de Editores Científicos) que nos auxiliou no processo de obtenção de prefixo editorial e intermediou a emissão dos DOIs junto à Crossref, culminando com a nossa associação a esta entidade em 2020, de forma a viabilizar financeiramente a continuidade da emissão dos DOIs.

Batalhamos por recursos, ano a ano, enfrentando burocracias de criação e aprovação de projetos de extensão anuais junto à UFSC, para uma iniciativa que não possui prazo definido para conclusão, como forma de encontrar pessoas que pudessem nos auxiliar nos trabalhos rotineiros de design de edição, criação de capas, revisão de textos. Nisto agradecemos o apoio de todos que auxiliaram neste processo, entre alunos da graduação do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Design e outros como Letras, Engenharia Ambiental e Engenharia Civil, além dos mestrandos e doutorandos do PósARQ vinculados ao Grupo de Pesquisa VirtuHab.

Claro que a obtenção de recursos via cobrança de taxas de submissão, revisão, editoração ou mesmo publicação, como fazem periódicos de grandes editoras, seria um subterfúgio. Entretanto estes editores e seus conselheiros, desde o início acreditaram que o conhecimento científico acerca da temática da sustentabilidade, deve ser aberto, irrestrito e isento de forma a impulsionar a pesquisa e sua divulgação para o maior público possível, sem necessariamente perder a cientificidade e rigor do conteúdo. Fazer com que a ciência se torne popular e ao alcance de todos, incluindo aqui estratégias de tornar o conteúdo científico mais amigável e entendível pelo público em geral, é um conceito ainda bastante inovador, que não foi compreendido por muitos dos agentes intervenientes do processo de editoração.

Por fim, o processo de indexação, catalogação e divulgação da página da revista representa um desafio contínuo. Entender o processo para adesão da revista aos mais de 25 sistemas aos quais sua página está vinculada, assim como as dezenas de bibliotecas ao redor do mundo, sem falar em sua adequação aos critérios de indexação estabelecidos e toda a morosidade dos processos de avaliação, anos de embargo para re-submissões, entre outros, tornam a modificação dos endereços da revista impraticável, para que se quer fosse pensável a adoção da identidade do portal de periódicos da UFSC. Que sirva de alerta aos gestores que, ou esta adesão ocorre no início da criação do periódico e pode realmente servir como um impulsionador, ou para revistas já consolidadas, servirá apenas como um entrave.

Isso leva ao segundo aspecto mencionado: dedicação. Os editores da Mix Sustentável contabilizam até o presente momento 7 anos de dedicação, e qualquer colega editor sabe como é difícil a trajetória inicial, que vai desde a dificuldade de atrair bons artigos, como também conseguir reunir professores e pesquisadores nacionais e estrangeiros que, sem qualquer compensação financeira, aceitem participar do processo que envolve, entre outras coisas, a leitura e emissão de pareceres de artigos científicos.

O atraso na atualização do sistema Qualis relega revistas como a MIX Sustentável (cuja avaliação da Capes data do distante ano de 2016, quando tínhamos apenas 2 edições publicadas) a condição de sermos apenas B5 e B4 (para as sete áreas do conhecimento em que fomos qualificados), enquanto esperamos pela confirmação do novo qualis, cujo A4 inicialmente mencionado foi bastante motivador.

O uso equivocado do sistema Qualis, reafirmado pela própria CAPES como sendo apenas um meio de avaliar a produção dos programas de pós-graduação, como fator de avaliação em concursos e editais diversos que acontecem nos âmbitos da ciência, aliado às tabelas de avaliação com um qualis desatualizado (quadriênio 2013-2016), com certeza prejudica sobremaneira a seleção da revista como meio de divulgação para jovens pesquisadores de todo o país, especialmente àqueles que começaram a publicar a partir de 2017. A morosidade de divulgação do novo qualis parece andar em sentido contrário à dinâmica atual do mundo moderno. Corrobora nesse sentido a decisão do Conselho de Pesquisa Europeu de proibir que os concursos e editais estabeleçam rotinas de avaliação pautadas em fatores de impacto e qualificação de periódicos, cuja relação com a qualidade da pesquisa publicada está se mostrando bastante tênue e questionável.

O que leva ao terceiro aspecto: reconhecimento. O sistema tradicional implantado em nossas universidades, adotado inclusive pelos órgãos consultivos como CAPES e CNPq estão defasados e com isso protegem a grupos específicos que por muitos anos podam iniciativas dos jovens pesquisadores, em uma relação falsa de produtividade egocêntrica. Por vezes o caminho dos recém doutores em busca dos poucos recursos disponibilizados é associar-se a grupos tradicionais há muito implantados nas universidades, tendo que deixar de lado suas pretensões científicas para se “encaixar” em pesquisas já em andamento que contem com algum financiamento/reconhecimento. Àqueles que por ventura não aceitarem a condição, estão fadados muitas vezes à precariedade de recursos, e a uma política de intimidação, que poderia ser considerada quase como um "Bullying" acadêmico.

Este ambiente é combustível propício para divergências e o que temos é um quadro geral onde os cientistas brasileiros acabam por substituir a colaboração pela competição, principalmente quando pertence a mesma instituição, disputando entre si recursos cada vez mais reduzidos, levando todos a um quadro produtivista de stress mental e físico, incompatível com a serenidade necessária a uma pesquisa. E tudo isso na visão hipócrita dominante onde espera-se resultados fantásticos de novos cientistas, recebendo bolsas de R\$ 1.500,00 (mestrado) a R\$ 2.200,00 (doutorado) com dedicação exclusiva e muitas vezes, sem qualquer apoio para compra de materiais e equipamentos para pesquisa.

Esse conjunto de fatores levou-nos a decisão de continuarmos mantendo a MIX Sustentável com sua independência formal, sem pertencer ao portal de periódicos. Respeitando, obviamente, todas as diretrizes do sistema OJS, e tendo em seu endereço virtual a estreita ligação com a universidade e grupo de pesquisa ao qual se vincula. Os editores mantêm-se comprometidos com o incremento contínuo da qualidade do periódico. Os resultados de nossa qualidade são inegáveis e após muito esforço, o processo de revisão da revista já seleciona artigos para a publicação nas edições que ocorrerão somente em 2022, com duas edições regulares já completas.

Qualidade que pode ser comprovada pelos 12 artigos que fazem parte dessa edição, com o primeiro vindo da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), tendo por título “The usage of the acai stone as reinforcement for the modeling of plant polyurethane matrix composite material”, com uma temática que envolve desenvolvimento de novos materiais com sustentabilidade.

A construção civil é sempre um assunto recorrente dos artigos enviados e assim, o artigo 2, vindo da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) tem por título “Estudo da influência da aplicação de pó residual do processo de retífica à seco de placas cerâmicas em argamassas colantes industrializadas”.

Da mesma forma que a construção civil, resíduos é sempre um tema atual e muito estudado. Nessa temática, do estado gaúcho, proveniente da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), o terceiro artigo da edição tem por título “Definição do nível de conhecimento das partes interessadas sobre a responsabilidade compartilhada dos resíduos gerado pelo coco verde pós-consumo na região litorâneo do Rio Grande do Sul”.

Da UFG (Universidade Federal de Goiás), o quarto artigo tem por foco o Programa Minha Casa Minha Vida Rural (PMCMV), com o título: “Dilemas para o uso de soluções alternativas de saneamento rural: uma avaliação a partir do programa minha casa minha vida rural em Pontalina, Goiás”.

O artigo 5, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), cujo título é “Sistema construtivo Light Steel Framing: avaliação do desempenho de placas de madeira reconstituída”, testa materiais de acordo com a norma NBR 9533 (ABNT, 2012).

Pesquisa conjunta entre pesquisadores da UNESP (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho") e a USP (Universidade de São Paulo) originaram o artigo “As pesquisas científicas de design e bambu no Brasil: ênfases e lacunas”, de leitura recomendada para pesquisadores que buscam entender as oportunidades de pesquisa no uso do bambu em projetos de arquitetura e design.

Também na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), o artigo intitulado: “Avaliação laboratorial de misturas asfálticas à quentes produzidas com grafite comercial”, cujos resultados indicaram a viabilidade do uso do grafite como material aplicável em pavimentos rodoviários.

O oitavo artigo, da UNICENTRO (Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná), apresenta um estudo que pretende definir em que nível os indicadores ambientais, sociais e econômicos existentes apoiam as autoridades portuárias, responsáveis pelas tomadas de decisão, em seus esforços para o desenvolvimento sustentável em harmonia com a comunidade local. O título do artigo é “Portos sustentáveis e os indicadores de desempenho ambiental, econômico e social para o desenvolvimento da comunidade local: uma revisão sistemática”

O nono artigo também é realizado de modo associativo, com participantes do IBT-SP (Instituto de Botânica do Estado de São Paulo) e UNESP (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"), tendo por título “Telhados verdes: uma proposta para o uso com espécies nativas do Brasil”.

O design de moda está sempre presente nas edições da MIX Sustentável, e nesta é representado pelo artigo “Veganismo e consumo consciente: reflexões sobre o setor de vestuário brasileiro”, fruto da parceria entre pesquisadores da UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina) e IFSC (Instituto Federal de Santa Catarina).

O décimo primeiro artigo também aborda o assunto de resíduos, com foco aqui na construção civil e é assinado por pesquisadores da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina). Tendo por título “Minimização de resíduos da construção em obras públicas por meio do processo BIM” o artigo apresenta uma proposta para aprimoramento dos processos da instituição pública para a minimização de resíduos.

Fechado a sessão de artigos, também do IFSC (Instituto Federal de Santa Catarina), mais um artigo na área da moda: “Biotecidos: cultivo de celulose bacteriana para a área de moda”. O assunto envolve a biotecnologia e as oportunidades em termos de alternativas mais sustentáveis para produtos de moda, como a fabricação de materiais têxteis a partir de organismos vivos, como fungos e bactérias.

Completando a edição, temos um resumo de TCC, dois resumos de dissertações e um resumo de tese, além da entrevista da pesquisadora do Terra Brasil, Célia Neves.

Desejamos a todos uma excelente leitura e nos despedimos cordialmente,

---

**LISIANE ILHA LIBRELOTTO E PAULO CESAR MACHADO FERROLI**  
EDITORES DA MIX SUSTENTÁVEL



# THE USAGE OF THE ACAI STONE AS REINFORCEMENT FOR THE MODELING OF PLANT POLYURETHANE MATRIX COMPOSITE MATERIAL

*O USO DO CAROÇO DO AÇAÍ COMO REFORÇO PARA A MODELAGEM DE MATERIAL COMPÓSITO DE MATRIZ DE POLIURETANO VEGETAL*

**BRENN PAULA BOAVENTURA CORRÊA CAVALCANTI, M.Sc. | UFAM**

**GERALDO LIRA DE SOUZA, M.Sc. | UFAM**

**ACURSIO YPIRANGA BENEVIDES JÚNIOR, M.Sc. | UFAM**

**CLAUDETE BARBOSA RUSCHIVAL, Dra. | UFAM**

**MAGNÓLIA GRANGEIRO QUIRINO, Dra. | UFAM**

**DANIEL FERREIRA DE CASTRO, Dr. | UFAM**

## RESUMO

Na região norte do Brasil a fruta açaí é um produto típico e muito consumido por suas qualidades nutritivas e medicinais, ocupando importante papel socioeconômico no país. Os resíduos gerados após a extração da polpa da fruta correspondem a 85% do volume produzido, montante que é descartado em lixões a céu aberto sem um planejamento adequado. O trabalho apresenta um estudo inicial do aproveitamento do caroço do açaí usado como reforço para confeccionar material compósito de matriz em resina biodegradável a base do óleo de mamona. A base metodológica para a realização do estudo foi a pesquisa bibliográfica para associar conhecimentos sobre o fruto açaí e seus resíduos, e materiais compósitos com reforço de fibras naturais. Para o desenvolvimento do novo material foi utilizada a pesquisa de Quirino (2010) como referência para a moldagem do painel e para a realização dos ensaios de densidade, bem como a norma ABNT NBR 14810-1 (2013). Os resultados demonstram que o processo utilizado para a produção do painel compósito resulta em material de alta densidade, apresentando ainda diferencial estético e qualidade visual. A contribuição do estudo está no aproveitamento de recursos naturais para a minimização dos impactos ambientais negativos resultantes do ciclo produtivo do açaí.

**PALAVRAS CHAVE:** Resíduos do açaí; material compósito; inovação

## ABSTRACT

*In the north region of Brazil the acai fruit is a typical product that is widely consumed for its nutritional and medicinal qualities, occupying an important socioeconomic role in the country. The residues generated after the extraction of the fruit pulp correspond to 85% of the volume produced, an amount that is discarded in open dumps without adequate planning. The paper presents an initial study of the use of the acai stone used as reinforcement to make a composite matrix material in biodegradable resin based on castor oil. The methodological basis for the study was the bibliographical research to associate knowledge about the acai fruit and its residues, and composite materials reinforced with natural fibers. For the development of the new material we used the research Quirino (2010) as a reference for panel molding and for conducting density tests as well as the standard ABNT NBR 14810-1 (2013). The results demonstrate that the process used to produce the composite panel results in high density material, also showing an aesthetic differential and visual quality. The contribution of the study is in the use of natural resources to minimize the negative environmental impacts resulting from the production cycle of acai.*

**KEY WORDS:** Acai waste; composite material; innovation



## 1. INTRODUCTION

Alternatives for the use of residual materials, traditionally considered as process rejects, arise when the manufacturing and industrialization techniques find dialogs in the scientific base for practical answers to technical problems. This type of activity, in contemporary terms, is considered as an aspect for innovation and technological development.

Innovation occurs when an organizational product, method or process is first inserted in the market and generates an economic impact, for those responsible for its insertion (OCDE, 1997). However, despite the relevance of processes and organizational models that generate significant economic impacts on the productive sector, product and process innovations are still the deepest in the development, science and technology sector.

Regarding product and process innovations, the academic environment is very influential when it proposes alternatives for recycling or reusing discarded products after use, or for waste generated during industrial manufacturing processes, promoting economic impact on productivity or added value to the market and final consumers. To make the process more productive or to boost other processes, using residues that are naturally particular to them, converging benefits strategically, approaching processes competing for common or correlated ends, are typical postures of competitive environments in the various sectors of such as trade and services, agriculture and industry.

It is in this area - productive spaces that generate income and employment - that the academic-scientific area meets demands that make it indispensable in the confrontation of problems and in the search for innovative solutions, with advances of quality and growth linked to the generation of value.

Companies in the industrial sector have the basic commitment to maintain corporate objectives and comply with public standards such as security, environment and other conformities necessary to maintain licit business practices. One of these practices is the correct destination of waste from its production processes, in which solutions such as the development of composite materials are discussed.

In this case, the residues are used as a filler element for the matrices of materials such as polymers, based on polyol - a type of ethyl -, ceramics or metals, promoting cycles of strategic use, with positive economic as well as with security and environment standards. This paper corresponds to yet another technical, academic and scientific action in search of new forms of waste recovery resulting from productive processes.

Acai is a product typical of the Northern region of Brazil and is much questioned in academia and in the technology centers, on the multiple possibilities of the use of the residues coming from its beneficiation process. This is because acai is consumed not only throughout Brazil but also abroad, and its exploitation is not restricted to a region, which consequently brings up the issue of what to do with the process waste.

A study carried out by Almeida et al. (2017) shows that only 15% of the production is of the wine resulting from the processing of fruit pulp, and that the rejects correspond to 85% of the stone and fibers that are inappropriately discarded in nature or in public places and spaces.

The literature presents several alternatives for the use of these wastes, such as biofuels for energy generation (SILVA et al., 2004; XAVIER et al., 2006); such as organic compost, briquettes, handicrafts and animal feed (SANTOS; SANTOS; SENA, 2018); feed, fertilizer and charcoal (FREIRE, 2018); and organic compost (DIAS et al., 2016). The possibility conjectured for this study is the use of the acai seed as reinforcement to compose the element that gives filling to new composite materials, as revealed by Mei and Oliveira (2017), that sees a lot of potential in the natural fibers to act like a filler in polymeric composites.

This study aims to answer whether the acai seed, a typical surplus of the fruit processing process, can serve as a filler for the castor-based vegetable polyurethane matrix. The aim is to develop a composite material for application in product design for the trade and services sectors, with environmental sustainability as an added value.

As seen, there are several purposes given to the acai seed, such as an application in the handicrafts, in the production of electric energy, mechanics and gas and fuel for boilers. There remains a proposal to present it as a basis for composite, an innovative possibility in the use of this rich Brazilian raw material.

With this purpose, we performed: (i) a review of the literature to obtain information about work already done with residues from the processing of acai fruit; (ii) a theoretical survey to know the characteristics and properties of composite materials; (iii) propose new composite material with acai seed loading and castor-based biopolymer matrix; and finally; (iv) perform assays to test the technical feasibility of the composite and then apply it in product design. Such actions are understood as specific objectives of this article.

## 2. THEORETICAL BACKGROUND

This is presented in two parts; the first is the methodological structure chosen for the theoretical reference, and the second; is linked to the theoretical bases for the three

key words that guide the work, respectively, composite, polyol and acai. This is because a composite with a biodegradable binder can generate a product with a lower environmental impact, considering the environmental norms and rights, by the natural structure of the elements that compose it

### 2.1. Methodological framework of the theoretical references

The theoretical revision is based on a systematic review of scientific databases, with access provided by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - CAPES. The chosen database was the Scopus platform, because it contains references of scientific journals of industrial materials, the area of this paper. The intention is to use a methodological approach to deepen the theoretical reference of the research and its keywords.

Besides the keywords that directed the search of the articles, it was also decided to limit the search by year and area of publication, in a way that would allow to find articles linked to the objectives here exposed. In order to maintain the contemporaneousness of the scientific approach, it was decided to limit work to the areas mentioned: industrial materials, chemistry, engineering, chemical engineering and agriculture.

In total, twenty-five articles were found that had thematic approaches, which allowed to identify ways and concepts for the accomplishment of the work. However, only seven of these articles were scientifically harmonized with the proposed objectives. It is emphasized that the option with this type of research, limited to years and areas, is a simple initial technique to converge current and, to a certain extent, harmonic thoughts on the positions and tendencies of the scientific community.

Other sources have also been consulted because they are classic or because they have a direct connection with the proposal or linked to news channels, websites, social communication networks of government entities and research.

For the latter types of materials, the year and area of study, with thematic and scientific cohesion directly related to the objectives proposed here, were disregarded, since it is evident that much information, notwithstanding its documentary nature and its historical and fateful value, do not reach the scientific channels because they are often triggered only when the fact or the news enters the world of researchers.

The next item deals with the findings in the literature that supported this work.

### 2.2. Composites and the acai fruit

The composites are formed in general by reactive joining of at least two components of distinct physical and chemical properties in their composition (MEDEIROS et al., 2016; MARINHO et al., 2013). One component of the composite material is considered as a matrix, and the other as a filler.

A current trend is the use of chemical raw material based on vegetable oil, which involves the valorization of natural polyol oils (RAQUEZ et al., 2010), which contains hydroxyl groups in the chemical structure as in the case of castor oil, or by insertion of hydroxyl groups on the double bonds of unsaturated oils (COSTA et al., 2017). Due to these issues, there is much debate about the use of castor-based polyol for biodegradable composites, which are formed by loading naturally occurring substances such as acai seed and fiber.

The acai fruit comes from a palm tree typical of the tropical climate Amazon, found in the region of the estuary of the Amazon River, area of greater concentration of this palm tree (QUIRINO, 2010). It is from the bunch of acai that the acai fruit is removed (Figure 1). The removal process is still done manually. They are usually cooperatives of harvesters and growers that go up to the top of the palm tree to remove the bunch of fruit.



Figure 1: Acai Fruit.  
Source: Quirino (2010).

Between 2015 and 2016, the national acai agricultural production of 1.0 million tons increased to 1.1 million (PERET, 2017), demonstrating a growing use of raw materials in the Northern Region of Brazil, mainly in the state of Pará.

Considering this production, it becomes important to consider processing the waste material. As the studies by Quirino show that the acai seed fiber is a viable eco product for composite filling (QUIRINO, 2010).

Considering the initial concepts about the object of this work, the next step is of materials and methods, which presents the methodological process performed for the manufacture of the composite.

### 3. MATERIALS AND METHODS

The waste collection for the study was carried out in the city of Manaus, state of Amazonas, specifically in the Zumbi dos Palmares I neighborhood, where a popular market for agricultural products is held. This market sells various products such as fish, slaughtered poultry, beef and pork, vegetables, legumes and stews in general, as well as the acai fruit that is processed still in natura at the time of purchase by the consumer, or to be distributed and marketed in various parts of the city of Manaus.

According to information from a person responsible for the sale of acai at the market, after the fruit is processed in the machine for the extraction of the pulp or wine, the residues of that process (stones) are discarded in the garbage dump of the market and later it is collected by the municipal garbage collection car and taken to the municipal landfill.

In conversation with the stall owner at the market, it was highlighted that on average 3 bags of the composite 60 kg are processed on normal days of the week, which can triple on weekends and holidays. A bag of the composite 60 kg of this material, which was destined to the dumpster, was donated for this research (Figure 2).

With the raw material, the experiment was started to obtain the composite, which was carried out in two stages: (I) Processing of the acai stone; (II) Composite manufacture.



**Figure 2:** Daily acai fruit processing waste.  
**Source:** Authors (2018).

In stage I the acai seeds were washed in a container with running water for removal of the impurities, such as the remains of stalks and pulp. After the washing, the residues were placed in a plastic tarp to dry for 168 hours, which corresponds to seven days at room temperature, as recommended in the studies (QUIRINO, 2010).

In a period of 168 hours the residues were turned twice a day so to dry evenly. After drying, the core was ground. Of the 60 kg of acai seeds, only 7 kg were used for this experiment.

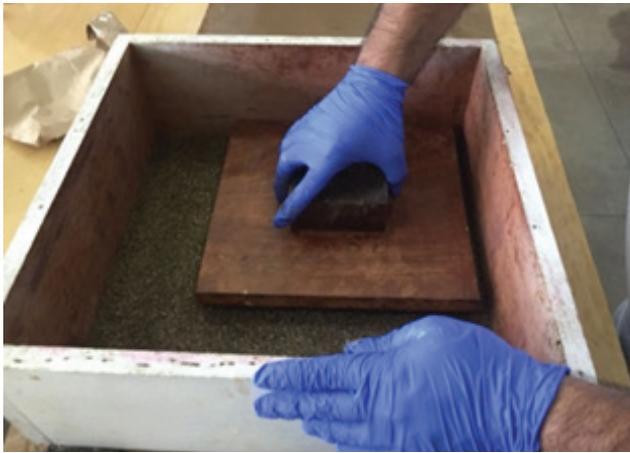
The next step was sieving the milled residue in a sieve with a 2 mm mesh opening for separating the granules. The useful amount of material after sieving was 5.3 kg, weighed in a precision scale (Notebook Series Digital Escala 2.000). This was packed in a paper bag (pulp) in an amount of 2 bags of 1,300 g each.

In step II of the manufacture of the composite 1,300 g of raw material of the ground acai stone was used, and as binders 98.2 g of castor-based polyol and 97.9 g of prepolymer. The mixture of the resins and the raw material was performed manually over a period of 10 minutes to obtain a homogeneous mass ready to be molded (Figure 3).



**Figure 3:** Manual blending of castor bean resin with the granules of the ground acai stone.  
**Source:** Authors (2018).

The mixture was inserted into a wood mold with a metal base (40 cm x 40 cm), previously prepared with a release agent and coated with a sheet of non-stick paper. The material was compacted manually for stabilization, making it more stable (Figure 4).



**Figure 4:** Manual pre-compression for compliance.  
**Source:** Authors (2018).

After removal of the wooden mold, the molding of the composite was done to obtain a reduced block. A thermal hydraulic press (HM Hydral - Mac 2951) with a power of 19.5 Kw, voltage 220v 60 Hz 67.2 A was used in the compression, at a temperature of 100°C and a pressure of 15 MPa for 10 minutes.

After the process, a 40 cm x 40 cm panel was obtained (Figure 5) with a thickness of 9.5 mm, with a loss of 5% of material, which probably occurred during preparation due to manual manipulation.



**Figure 5:** Panel of the Composite obtained.  
**Source:** Authors (2018).

The composite underwent a stabilization period of 72 hours, which is the minimum time recommended by the standard (ABNT NBR 14810-1, 2013). At the end of the curing period, the shavings were removed, and the specimens were cut for the conducting of physical tests.

### 3.1. Physical test: density of the panel

Twelve 25 mm x 25 mm specimens were cut to perform the density test. The equipment used in this experiment were: Analog Security pachymeter, with resolution of 0.1

mm and electronic scale Notebook series digital scale 2.000. The specimens were numbered for identification of the samples (Figure 6).



**Figure 6:** Test specimens for the density test, 25 mm x 25 mm.  
**Source:** Authors (2018).

The dimensions of the specimens were measured at three points in the material sample (Figure 7), one in the center and two at the ends, proceeding in the same way to determine the length and width (QUIRINO, 2010).



**Figure 7:** Measurement of thickness at the center of the sample.  
**Source:** Authors (2018).

There was no variation of measurements in the 12 specimens, with equal dimensions of 25 mm in length, 25 mm in width and 9.5 mm in thickness.

After weighing the specimens, their densities were calculated, determined by equation (ABNT NBR 14810-1, 2013):

$$D = (M/V) \times 1,000,000 \quad (1)$$

Where:

$$V = L \times C \times E \quad (2)$$

Where: D is the density of the specimen ( $\text{kg/m}^3$ ), M is the mass of the specimen, (g), V is the volume of the specimen, ( $\text{mm}^3$ ), L is the width of the specimen (mm), C is the length of the specimen, (mm), and E is the thickness of the specimen (mm). The calculations performed on the test specimens were organized in a table to better assimilate the information generated by the experimental data.

## 4. RESULTS

From the measurement of the 12 test specimens the density test was carried out, in order to verify in which level of density (if low, medium, high), the sample was fitted according to the reference standard used.

### 4.1. Density test results

The technical standard that guided the procedure was ABNT NBR 14810-1 (2013), which deals with panels of medium density particles.

With the procedures to define if the composite has a medium density index, it could be logically identified that the density can be considered high when the result is higher than indicated by the standard. Or even considered low if it does not reach the minimum indicated by the technical standard.

The results of this test are shown in Table 1.

Specimen	Volume ( $\text{mm}^3$ )	Mass (g)	Density ( $\text{g/mm}^3$ )	Density ( $\text{kg/m}^3$ )
1	5,937.50	5.9	0.00099	993.68
2	5,937.50	5.7	0.00096	960.00
3	5,937.50	5.8	0.00098	976.84
4	5,937.50	6.3	0.00106	1,061.05
5	5,937.50	5.8	0.00098	976.84
6	5,937.50	6.2	0.00104	1,044.21
7	5,937.50	6.1	0.00103	1,027.37
8	5,937.50	6.3	0.00106	1,061.05
9	5,937.50	6.1	0.00103	1,027.37
10	5,937.50	6.2	0.00104	1,044.21
11	5,937.50	6.5	0.00109	1,094.74
12	5,937.50	6	0.00101	1,010.53

**Table 1:** Result of the composite panel density test.  
**Source:** Authors (2018).

As shown in the table, the results show variability in both the mass index and the density index, according to the values obtained in the test specimens.

From the density ( $\text{kg/m}^3$ ), the median and the standard deviation were calculated with results respectively: 1,027.37 and standard deviation of 40.70. It is evidenced, then, that the process used to produce the composite panel results in high density material, since standard ABNT NBR 14810-1 (2013) indicates that medium density plates have an index between  $551 \text{ kg/m}^3$  and  $750 \text{ kg/m}^3$ .

However, when observing the standard deviation, it was verified that the productive process used resulted in material with great variability of density, with values between  $960.00 \text{ kg/m}^3$   $1,094.74 \text{ kg/m}^3$ . Even so, it can still be considered a high-density material because it presents values above the minimum mentioned by the standard.

After the technical verification of the composite, a free verification was made of the aesthetic qualities of the composite for possible application in design products, exposed in the next topic.

### 4.2. Result of free aesthetic application

The properties of the resulting material are like the original components. The color, shine texture and smell do not change in the process. The visual and aesthetic characteristics allow to visually distinguish the material and use it for various objects.

In order to evaluate the aesthetic relation of the new material with other products, the finish was used in natura and aesthetic-formal qualities such as color and texture. An object holder was defined as a product for this experiment, as shown in Figure 8. The composite is visually characterized by a set of shades in earth tones that look similar to that of cork. This product can also receive some types of finishes such as waxing, varnishing, coating with various films (e.g., PVC).



**Figure 8:** Perspective view of object holder.  
**Source:** Authors (2018).

It also has a homogeneous appearance, with regular edges and straight angles free of burrs, defects or peeling. The natural color of the material, with light and dark nuances, results in a texture with a different visual pattern, and can be applied for various purposes, such as coatings for interior finishes in buildings, furniture and decoration products, like covering of furniture and interior architecture applications. The material does not have a smell.

Since the content is not dissociated from its form (Dondis, 2007), the aesthetic meaning and the perceived value of the material offer some reflections about the experiment:

a) the shape of the product, offers guidelines for studying and creating shapes that are more appropriate to the different types of consumer products, as in the case of interior design products that express meanings for the composition and decoration of environments;

b) when working with a regional product, even if in the form of waste, açai brings a meaning of identity linked to culture and nature. It involves the consumption habit and traditional production processes. The composite material from these residues, carries perceptual values and configurations linked to local cultural manifestations.

Therefore, the cultural and social values intrinsic to the material also function as elements of beauty and differentiation for the potential final consumer.

## 5. CONCLUSIONS

In a methodological perspective, the study demonstrated the feasibility of the use of the acai fruit stone as reinforcement for the manufacture of composite material, whose polymeric matrix used in the mixture comes from castor oil. As a result of this mixture, a high-density material with values of 960.00 kg/m<sup>3</sup> and 1,094.74 kg/m<sup>3</sup> was obtained, being initially characterized as a biocomposite because it consists of phases of natural origin. It also has the potential to replace the consumption of various synthetic materials, such as plastics and derivatives.

The resulting composite panel is also a possible alternative to give a useful destination to the acai processing waste, offering timely ways to recover and solve the inadequate waste disposal in compliance with the environmental norms of the productive sectors, and opportunity as a source of revenue.

Although the results of this first composite study are considered positive, other assays and tests should be performed, such as the moisture content test to evaluate the variations and resistance of the material under conditions of use. Further tests are also required, such as straightness,

traction and screw pulling to identify the possibilities of using the composite in the furniture and building industry as well as in the field of interior design.

It is finally hoped to stimulate the study and research in the area of materials and, where possible, focused on the diffuse rights of future generations, such as the right to a balanced environment and new perspectives on the possibilities of applying wealth for the good of all and the development of Brazilian scientific culture.

## ACKNOWLEDGMENT

FAPEAM - Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Amazonas.

## REFERENCES

- ALMEIDA, A. V. DA C. et al. Revalorização do caroço de açai em uma beneficiadora de polpas do município de Ananindeua/PA: proposta de estruturação de um canal reverso orientado pela PNRS e logística reversa. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistema**, v. 3, p. 59–83, 2017.
- COSTA, A. P. O. et al. Synthesis and characterization of composites of polyurethanes obtained with soybean polyol/TDI/ minerals fillers. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 4, p. 1434–1448, 2017.
- DIAS, R. DA S. et al. **Aproveitamento dos resíduos gerados no despolpamento do açai (Euterpe spp) na compostagem**. Manaus: Anais do SICASA e ANPPAS Amazônia, 2016. Disponível em: <[www.even3.com.br/Anais/IVSICASA/33228-APROVEITAMENTO-DOS-RESIDUOS-GERADOS-NO-DESPOLPAMENTO-DO-ACAI-\(EUTERPE-OLERACEA-MART\)-NA-COMPOSTAGEM](http://www.even3.com.br/Anais/IVSICASA/33228-APROVEITAMENTO-DOS-RESIDUOS-GERADOS-NO-DESPOLPAMENTO-DO-ACAI-(EUTERPE-OLERACEA-MART)-NA-COMPOSTAGEM)>
- DONDIS, A. D. **Sintaxe da Linguagem Visual**; tradução Jefferson Luiz de Camargo. 3ª. Edição. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- ODCE. **Manual de Oslo: Diretrizes para Coleta e Interpretação de dados sobre Inovação**. ODCE, Eurostat e Financiadora de Estudos e Projetos, 1997.
- FREIRE, R. **Projeto prevê o aproveitamento de resíduos do açai e palmito**. Pará: Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Educação Profissional e Ciência, 2018. Disponível em: <<http://www.sectet.pa.gov.br/secti/node/1881>>. Acesso em: 12 jul. 2018.
- MARINHO, N. P. et al. Physical and thermal characterization of polyurethane based on castor oil composite with bamboo particles. **Polímeros**, v. 23, n. 2, p. 201–205, 2013.
- MEDEIROS, D. L. et al. Life cycle of plant fiber

composites: a qualitative analysis of greenhouse gases (GHG) emissions of polypropylene composite with sisal fiber. **Revista Virtual de Química**, v. 8, p. 1166–1180, 2016.

MEI, L. H.; OLIVEIRA, N. Caracterização de um composto polimérico biodegradável utilizando Poli ( $\epsilon$ -caprolactona) e borra de café. **Polímeros**, v. Número Esp, p. 99–109, 2017.

PERET, E. **Safra de açaí foi de 1,1 milhão de toneladas em 2016**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro: 2017. Disponível em: <[QUIRINO, M. G. \*\*Estudo de matriz polimérica produzida com resina natural e fibra da semente de açaí \(Euterpe precatória\)\*\*. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010.](https://agencia-denoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/16821-safra-de-acai-foi-de-1-1-milhao-de-toneladas-em-2016#:~:text=Segundo a Pesquisa Agrícola Municipal, açaí no âmbito da agricultura.></a>. Acesso em: 12 jul. 2018.</p></div><div data-bbox=)

RAQUEZ, J.-M. et al. Thermosetting (bio) materials derived from renewable resources: a critical review. **Progress in Polymer Science**, v. 35, n. 4, p. 487–509, 2010.

SANTOS, G. DA S.; SANTOS, C. DA C. S.; SENA, C. DA C. **Descarte e reaproveitamento dos caroços de açaí das bateadeiras do município de Laranjal do Jari - AP: uma solução possível** Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade - CONRESOL. Gramado: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais - IBEAS, 2018. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/IV-064.pdf>>

SILVA, I. T. DA et al. **Uso o caroço de açaí como possibilidade de desenvolvimento sustentável do meio rural, da agricultura familiar e de eletrificação rural no estado do Pará**. Campinas: AGRENER, 2004. Disponível em: <<http://seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/AGRENER2004/Fscommand/PDF/Agrener/Trabalho 59.pdf>>

SILVESTRE, W. V. D. et al. Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to different watering regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 364–371, 2016.

ABNT. **NBR 14810-1 Painéis de partículas de média densidade. Parte 1: Terminologia**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

XAVIER, D. J. C. et al. **O beneficiamento do açaí no projeto modelo de negócio de energia elétrica em comunidades isoladas na Amazônia - NERAM**.

Campinas: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6, 2006. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022006000200014&lng=pt&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000200014&lng=pt&nrm=abn)>

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6471-8949>

**BRENNA PAULA BOAVENTURA CORRÊA CAVALCANTI, M.Sc.** | Universidade Federal do Amazonas – UFAM - Mestrado Profissional em Design, Manaus, AM, Brasil | Endereço para correspondência: Rua Professor Samuel Benchimol, nº 543, Condomínio Condomínio Mais Passeio do Mindu, Torre 2, Apartamento 602 – Parque 10, Manaus-Am – CEP 69055-705. | e-mail: [brennacavalcanti@gmail.com](mailto:brennacavalcanti@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7811-3564>

**GERALDO LIRA DE SOUZA, M.Sc.** | Universidade Federal do Amazonas – UFAM - Mestrado Profissional em Design, Manaus – AM, Brasil | Endereço para correspondência: Rua Júlio Verne, 121 Condomínio Sol Nascente 2 Bl H Ap 102 – Aleixo, Manaus-Am – CEP 69060-770. | e-mail: [geraldolira05@gmail.com](mailto:geraldolira05@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2769-2663>

**ACURSIO YPIRANGA BENEVIDES JÚNIOR, M.Sc.** | Universidade Federal do Amazonas – UFAM | Design, Manaus, AM. Correspondência para: Rua Brigadeiro João Camarão, n. 305, Condomínio Pq dos Franceses, Bloco 7ª, apartamento 403, Manaus – AM, CEP: 69040080 | email: [acursiobenevides@gmail.com](mailto:acursiobenevides@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5686-3209>

**CLAUDETE BARBOSA RUSCHIVAL, Dra.** | Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Design – Manaus, AM, Brasil | Endereço para correspondência: Av. Senador Raimundo Parente, 70 - bloco 16C, apto 205. Manaus – AM, CEP 69048-662. | e-mail: [b\\_claudete@hotmail.com](mailto:b_claudete@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-00001-58745492>

**MAGNÓLIA GRANGEIRO QUIRINO, Dra.** | Universidade Federal do Amazonas – UFAM | Design, Manaus, AM. | Endereço para correspondência: Avenida do Turismo, 295. Bairro: Tarumã. CEP: 69041-010. Manaus - AM. | e-mail: [mquirino@ufam.edu.br](mailto:mquirino@ufam.edu.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7283-1458>

**DANIEL FERREIRA DE CASTRO, Dr.** | Universidade Federal do Amazonas – UFAM - Mestrado Profissional em Design, Manaus – AM, Brasil | Endereço para correspondência: Rua Júlio Verne, 121 Condomínio Sol Nascente 2 Bl H Ap 102 – Aleixo, Manaus-Am – CEP 69060-770. | e-mail: [danmao@ufam.edu.br](mailto:danmao@ufam.edu.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

CAVALCANTI, Brenna Paula Boaventura Corrêa; SOUZA, Geraldo Lira de; BENEVIDES Jr., Acursio Ypiranga; RUSCHIVAL, Claudete Barbosa; QUIRINO, Magnólia Grangeiro; CASTRO, Daniel Ferreira de. Feasibility Study For The Usage Of The Acai Stone As Reinforcement For The Modeling Of Plant Polyurethane Matrix Composite Material. **MIX Sustentável, [S.I.], v. 7, n. 3, p. 19-28, ago. 2021.** 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.MIX2021.v7.n3.19-28>.

**DATA DE ENVIO:** 04/02/2020

**DATA DE ACEITE:** 18/03/2021



# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE PÓ RESIDUAL DO PROCESSO DE RETÍFICA À SECO DE PLACAS CERÂMICAS EM ARGAMASSAS COLANTES INDUSTRIALIZADAS

*STUDY OF THE INFLUENCE OF THE RESIDUAL POWDER APPLICATION OF THE DRY GRINDING PROCESS OF CERAMIC PLATES IN INDUSTRIALIZED ADHESIVE MORTARS*

RENATA PEREIRA SARTOR | UNESC

JAISON ARAÚJO SPECK | UNESC

ALINE EYNG SAVI, Dra. | UNESC

JORGE HENRIQUE PIVA, M.Sc. | UNESC

ELAINE GUGLIELMI PAVEI ANTUNES, Dra. | UNESC

## RESUMO

O uso de revestimentos cerâmicos é muito utilizado na construção civil, principalmente no Brasil, pelas vantagens que confere à edificação. No processo de fabricação das placas cerâmicas, atualmente, muitas delas passam pelo processo de retificação, que consiste na padronização das dimensões e retificação das laterais. Como resultado do processo de retificação, é gerado um pó residual (RRC – resíduo de retificação cerâmica) seco e de granulometria fina e que conforme os ensaios realizados, possui alto teor de sílica e alumina, porém pelo difratograma de raio x verifica-se a presença de cristais. Para o assentamento dos revestimentos cerâmicos tradicionalmente são empregadas as argamassas colantes industrializadas, às quais são compostas, essencialmente, de aglomerante hidráulico, agregado mineral, aditivos (dependendo a finalidade) e água. Sendo materiais correlacionados e buscando analisar a possibilidade de reinclusão do resíduo como material útil na construção civil, o objetivo deste estudo foi verificar as influências da substituição parcial da areia pelos RRC de monoporosa e de porcelanato, separadamente. Para tal, foram estudados sete formulações de traço, sendo 1 padrão e 3 diferentes composições em percentuais de substituição de 10, 15 e 20% para cada tipo de resíduo. Foram realizados ensaios com a argamassa no estado fresco e endurecido, sendo eles: índice de consistência, retenção de água, resistência de aderência à tração, determinação do tempo em aberto e absorção de água por capilaridade. Como resultado, foi possível observar que a inclusão de uma maior fração de finos na composição da argamassa afeta diretamente as características da mistura no estado fresco e endurecido. O aumento da área específica do agregado mineral acarreta demanda maior quantidade de pasta nas composições, o que reduz o índice de consistência, a redução da resistência de aderência e o não atendimento do tempo em aberto de 15 minutos, conforme o aumento do percentual de resíduo aplicado.

**PALAVRAS CHAVE:** argamassa colante; resíduo; reutilização; cerâmica; construção civil

## ABSTRACT

*The use of ceramic tiles is widely used in civil construction, especially in Brazil, due to the advantages it confers on the building. In the process of manufacturing ceramic tiles, many of them currently go through the grinding process, which consists of standardizing the dimensions and grinding the sides. As a result of the grinding process, a dry, fine grained residual powder (RRC - ceramic grinding waste) is generated. According to the tests performed, it has a high silica and*



*alumina content, but an x-ray diffractogram verifies the presence of crystals. For the laying of ceramic tiles, industrialized adhesive mortars are traditionally used, which are essentially composed of hydraulic binder, mineral aggregate, additives (depending on the purpose) and water. Being correlated materials and seeking to analyze the possibility of reincluding the residue as a useful material in civil construction, the objective of this study was to verify the influences of the partial replacement of sand by Monoporous and Porcelain tile RRC, separately. For this, seven mix formulations were studied, being 1 standard and 3 different compositions in substitution percentages of 10, 15 and 20% for each type of waste. Tests were performed with the mortar in the fresh and hardened states, such as: consistency index, water retention, tensile bond strength, determination of open time and capillary water absorption. As a result, it was possible to observe that the inclusion of a larger fraction of fines in the mortar composition directly affects the characteristics of the mixture in the fresh and hardened states. The increase in the specific area of the mineral aggregate leads to a greater demand for paste in the compositions, which reduces the consistency index, the reduction of bond strength and the non-compliance with the open time of 15 minutes, according to the increase in the percentage of residue applied.*

**KEY WORDS:** *adhesive mortar; residue; reuse; ceramics; construction*

## 1. INTRODUÇÃO

As placas de revestimento cerâmico são largamente utilizadas para acabamento, em pisos, paredes, fachadas e piscinas, conforme BOSCHI (2002), o principal aspecto positivo, referente às vantagens competitivas dos revestimentos cerâmicos em relação aos demais tipos de revestimentos, consiste na combinação da facilidade de limpeza, durabilidade e seu potencial decorativo.

Segundo dados da ANFACER (Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos), o Brasil é um dos principais protagonistas no mercado mundial de revestimentos cerâmicos, ocupa a terceira posição em produção e consumo. Em 2018, foram produzidos 795 milhões de metros quadrados para uma capacidade instalada de 1.064 milhões de metros quadrados. As vendas totais no mercado interno atingiram 694,5 milhões de metros quadrados.

A variedade de tipos, acabamentos e design de revestimentos cerâmicos é bastante abrangente no cenário atual do setor cerâmico brasileiro e mundial, com suas tipologias e características classificadas conforme as normas técnicas vigentes, a NBR 13818: 1997 (Placas Cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios) e NBR 15463: 2013 (Placas Cerâmicas para Revestimento – Porcelanato).

De acordo com Brito (2009), as cerâmicas tradicionais são produzidas a partir de três componentes básicos, argila, sílica e feldspato. O produto após a sinterização (queima), é constituído de uma matriz vítrea, na qual partículas de mulita e as partículas de quartzo que não se dissolveram totalmente estão dispersas (SANCHEZ, 2001). Tais mudanças ocorridas no processo de queima (sinterização), englobam também características dimensionais variáveis das placas cerâmicas, tanto com relação as suas dimensões (variação de tamanho, de ortogonalidade, etc.) quanto com relação a sua planicidade (curvaturas centrais, laterais e empeno). Para obtenção de placas cerâmicas com tamanho uniforme no processo de fabricação é realizado o processo de retificação, que consiste no corte das arestas das placas, de modo a garantir lados retos, maior estabilidade dimensional e cantos ortogonais no revestimento.

Na operação de retífica, obtém-se o esquadreamento das placas cerâmicas, que é efetuado por meio de rolos diamantados de alta capacidade de remoção, que trabalham sobre os lados contrapostos das placas cerâmicas firmadas e conduzidas por correias sobrepostas. Uma vez que o esquadreamento das bordas permite a produção de placas cerâmicas de um só tamanho, por vezes esta operação é realizada sobre todas as placas cerâmicas na saída do forno (BIFFI, 2002).

Como resultado do processo de retífica, existem dois produtos principais: a placa cerâmica retificada e o resíduo em pó gerado pelo processo. O resíduo trata-se de um pó com granulometria fina e seco, com grande presença de sílica (quartzo), conforme composição da massa cerâmica.

Com base na sua composição de massa, as peças cerâmicas apresentam diferentes índices de absorção de água, e são classificadas conforme ABNT NBR 13817: 1997, sendo que a Classe BIII (monoporosas) e a Classe BIa (porcelanato esmaltado) apresentam, respectivamente, absorção de água acima de 10% e menor que 0,5%.

Conforme dados fornecidos por empresa cerâmica, com matriz situada no sul do estado de Santa Catarina, estima-se atualmente a geração do resíduo de retífica cerâmica (RRC) em uma fração acerca de 1,00kg/m<sup>2</sup> de produto acabado, incluindo as tipologias monoporosas e porcelanatos. No total, são geradas aproximadamente 650 toneladas por mês deste insumo com uma produção média de 650.000,00 m<sup>2</sup> de placas retificadas, e a tendência deste número é crescer, decorrentes dos planos de expansão, conforme aumento da capacidade produtiva.

Com relação ao assentamento das placas cerâmicas, é essencial o uso da argamassa colante adequada, bem como sua aplicação conforme as diretrizes técnicas das normas vigentes para execução do assentamento com argamassa colante, sendo: NBR 13753:1996 (Revestimento de piso interno ou externo), NBR 13754: 1996 (Revestimento de paredes internas) e NBR 13755: 2017 (Revestimento cerâmico de fachadas e paredes externas).

De acordo com a definição normativa, citada na NBR 13754: 1996, a argamassa colante trata-se de uma mistura constituída de aglomerantes hidráulicos, agregados minerais e aditivos, que possibilita a formação de uma pasta viscosa, plástica e aderente. Mediante a larga escala de utilização de sistemas de revestimentos cerâmicos, as argamassas colantes tornam-se, também, um produto de elevado consumo. Deste modo, observa-se dentre os componentes da argamassa um meio em potencial para reinserção do resíduo de retífica na cadeia da construção civil.

Em alguns estudos já realizados no âmbito de investigar possíveis alterações em argamassas colantes, partindo do princípio de reutilização de resíduos sólidos, já foram analisadas as influências de diferentes materiais, como: pó de mármore estudado por Buyuksagis em 2017; resíduo de vidro proveniente do polimento de arestas desenvolvido por Azevedo et.al. em 2017, sílica ativa que é um subproduto industrial de fornos de arco elétrico estudado por Almeida et. al em 2006 e pellets de madeira por Marinho em 2017.

Sendo assim, a presente pesquisa tem como objetivo estudar a viabilidade de substituição parcial do agregado mineral de argamassas colantes pelo RRC, oriundo de placas de monoporosa (RM) e de porcelanatos (RP), por meio de formulações de argamassa com a incorporação do resíduo como substituto parcial da areia. Para tal, verificou-se se a incorporação do RRC proporcionou alterações nas características físicas e propriedades mecânicas das argamassas colantes.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração do estudo, foram necessárias seis etapas. A primeira etapa refere-se a coleta dos resíduos junto à fábrica de revestimentos cerâmicos, provenientes de duas tipologias distintas: revestimento cerâmico, tipo BIII (monoporosa) e de placas de porcelanato esmaltado, tipo BIa.

Na segunda etapa realizou-se a caracterização do resíduo e, para tal, foram obtidos os resultados de distribuição de tamanhos de partículas (através de sedimentometria de raios X em analisador de tamanhos de partículas Sedigraph III Plus), análise química (através de fluorescência de raios X) e, por último, análise de fases (difração de raios X por meio do método do pó e refinamento RIR-Rietveld). Cabe mencionar que tais ensaios foram realizados por laboratório externo certificado, contratado pela empresa cerâmica.

Na terceira etapa ocorreu o desenvolvimento do traço padrão e das formulações das argamassas com incorporação do RRC, sendo seis (06) composições diferentes, três (03) para cada tipo de resíduo, RM – Resíduo Monoporosa e RP - Resíduo Porcelanato. Já, na quarta e quinta etapa, realizaram-se os ensaios no estado fresco (índice de consistência e determinação de retenção de água) e no estado endurecido (resistência de aderência à tração, determinação de absorção de água e determinação de tempo em aberto) da argamassa, respectivamente. Na sexta e, última etapa, fez-se a análise dos resultados.

Com relação aos resíduos RRC (tipologias, BIII e BIa), sua distribuição granulométrica segue descrito na Tabela 1, na qual observa-se que os diâmetros predominantes são de 17,41µm no RM (equivalente a 0,01741mm) e de 31,79µm para o RP (0,03179mm).

Fração Passante	Ø (µm) – RM	Ø (µm) – RP
D90	17,41	31,79
D50	6,00	10,66
D20	2,43	4,45
D10	1,27	2,63
Fração <10 %	71,3	47,4
Fração < 1 %	7,5	3,1

**Tabela 1** - Distribuição do tamanho de partículas dos resíduos RM e RP.  
 Fonte: empresa cerâmica, 2018.

A análise química, descrita na Tabela 2, indica elevadas quantidades de Sílica (SiO<sub>2</sub>) presente em grandes quantidades nas composições da massa cerâmica.

Óxidos	RP (%)	RM (%)
SiO <sub>2</sub>	69,23	64,81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,58	17,08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,17	2,93
TiO <sub>2</sub>	0,55	0,48
CaO	0,81	10,09
MgO	1,02	1,40
Na <sub>2</sub> O	1,47	0,15
K <sub>2</sub> O	3,02	1,75
MnO	0,02	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,05

**Tabela 2** - Análise química dos resíduos.  
 Fonte: empresa cerâmica, 2018.

Considerando os valores das análises químicas, o fato de demonstrar altos teores de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, com sua soma ≥70%, e baixos percentuais de Alcalis Na<sub>2</sub>O (≤1,5%), seria um indicativo de atividade pozolânica do material, conforme parâmetros da NBR 12653: 2014. No entanto, quando se relaciona estas informações com os resultados do difratograma de raio X, na qual ambos os resíduos formam em maior teor fases não cristalinas (amórfas), conforme apresenta a Tabela 3, percebe-se a baixa reatividade dos resíduos. Constatação do porquê, nesta pesquisa, optou-se por efetuar a substituição do RRC pelo agregado mineral e não pelo cimento Portland.

Teor de fase encontrado	RP (%)	RM (%)
Não Cristalina	60	41
Quartzo	25	29
Mulita	9	6* (presença duvidosa)
Feldspatos	6	-
Anortita	-	20

**Tabela 3** - Análise de fases por DRX.  
 Fonte: empresa cerâmica, 2018.

Com embasamento nos percentuais de substituição em estudos já realizados na área, principalmente quanto ao resíduo de vidro desenvolvido por Azevedo et.al. (2017), que igualmente possui alto teor de sílica e 70% das partículas de tamanho inferior a 40µm (0,04mm), no qual as variações foram de 10, 15 e 20%, foram delimitadas as formulações dos testes, com variação em relação ao traço padrão variando o agregado mineral, conforme ilustrado na Tabela 4.

Comp.	Cimento	Areia	Resíduo	HEC	Água
Padrão	1	2,33	0	0,009	0,766
RM10 = RP10	1	2,097	0,233	0,009	0,766
RM15 = RP15	1	1,980	0,349	0,009	0,766
RM20 = RP20	1	1,864	0,466	0,009	0,766

**Tabela 4** - Descrição dos traços das substituições realizadas.  
**Fonte:** autores.

É válido, também, mencionar que inicialmente ao desenvolvimento deste estudo, foi pré-determinado uma composição de argamassa com um percentual de até 30% de resíduo. No entanto, durante o processo de homogeneização da argamassa houve grande dificuldade na mistura dos componentes e durante o espalhamento da argamassa colante no tardo da placa cerâmica não foi possível formar os cordões para assentamento das mesmas. A Figura 2 demonstra as dificuldades elencadas na frase anterior.



**Figura 2** - Teste de mistura com 30% de resíduo, não foi possível realização.  
**Fonte:** autores.

Para a caracterização das argamassas no estado fresco e endurecido, os ensaios foram realizados conforme as normativas vigentes, de modo a analisar as variações nas características da argamassa, por meio das substituições do agregado pelo RRC. Na Tabela 5, encontram-se identificados todos os ensaios realizados e sua respectiva normatização.

É válido mencionar que os ensaios de estado fresco da argamassa não se referem estritamente à normas de argamassas colantes, porém a aplicação delas foi determinada para possibilitar a comparação entre as diferentes composições.

Os materiais utilizados para o desenvolvimento das formulações foram definidos com base em recomendações dos fabricantes de argamassa consultados. Utilizou-se o cimento do tipo CP II – F32, comumente utilizado na área de argamassas, pois apresenta como característica uma cura mais rápida e coloração mais clara, devido à adição de filer calcário e gesso. O agregado mineral usado trata-se de uma areia, caracterizada conforme as normas NM 52:2009 (massa específica), NM 45:2006 (massa unitária) e NM 248:2003 (distribuição granulométrica). Na formulação da argamassa colante, empregou-se ainda, o aditivo retentor de água (HEC) e água de fornecimento local.

Estado Argamassa	Ensaio	Norma
Fresco	Determinação do Índice de Consistência	NBR 13276:2016
	Determinação de Retenção de Água	NBR 13277: 1995
Endurecido	Determinação de Tempo em Aberto	NBR 14081-3: 2012
	Resistência de Aderência a Tração	NBR 14081-4: 2012
	Determinação de Absorção de Água	NBR 15259:2005

**Tabela 5** - Normatização dos ensaios realizados.  
**Fonte:** autores.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os primeiros resultados a serem apresentados referem-se a caracterização do agregado mineral utilizado no traço padrão, a fim de, com base nestes resultados, verificar-se as distinções mais proeminentes deste em relação aos resíduos, RM e RP, que o substituem nas novas composições.

O agregado mineral padrão trata-se de uma areia com módulo de finura igual a 1,00, ou seja, uma areia fina. Por meio da análise granulométrica, verificou-se que a mesma possui uma dimensão máxima característica de ( $D_{máx}$ ) 0,3mm, com a predominância de grãos retidos na peneira de 0,15mm. A Tabela 6 apresenta os resultados das caracterizações realizadas.

Ensaio	Resultado (kg/m <sup>3</sup> )
Massa Específica	2660
Massa Unitária Compactada	1640
Massa Unitária Solta	1500

**Tabela 6** - Caracterização do agregado mineral.  
**Fonte:** autores.

Os resultados médios dos ensaios pertinentes ao estado fresco da argamassa estão descritos na Tabela 7.

Formulação	Índice de Consistência (mm)	Retenção de água (%)
Padrão	213,67	99
RM10	177,12	99
RM15	170,10	99
RM20	162,93	99
Desvio Padrão	22,56	0,2
RP10	187,88	100
RP15	163,10	99
RP20	151,15	100
Desvio Padrão	27,74	0,2

**Tabela 7** - Resultados dos ensaios de estado fresco da Argamassa.  
**Fonte:** autores.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 7, é possível verificar que o índice de consistência sofreu maior influência com a substituição dos resíduos, seja para o RM como para o RP, que a retenção de água. Como manteve-se fixa a relação água/materiais secos em 0,23L/kg em todos os traços, percebe-se que quanto maior o percentual de resíduo incorporado na argamassa menor é o espalhamento da mesma.

Segundo Pillegi (1996), a inclusão de finos pode acarretar em um elevado aumento na área superficial e, conseqüentemente, necessitar de mais água para recobrir as partículas, diminuindo a água livre para o afastamento das mesmas. Ainda, conforme ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), no Manual de Revestimentos de Argamassas, a granulometria do agregado tem influência nas proporções de aglomerantes e água da mistura, de forma que quando há deficiências na curva granulométrica ou excesso de finos, ocorre a necessidade de maior consumo de água de amassamento.

Na Figura 3, é possível visualizar o menor espalhamento da argamassa padrão em relação a argamassa com substituição de 20% de RP, que apresentou o menor valor de espalhamento, demonstrando a perda da sua fluidez e trabalhabilidade.



**Figura 3.** Espalhamento argamassa: (a) argamassa padrão, (b) argamassa RP20 antes das quedas, (c) argamassa RP20 após as quedas.  
**Fonte:** autores.

Com base nos resultados obtidos para o parâmetro retenção de água, é possível observar que os percentuais de substituição estudados não provocaram alterações significativas nesta propriedade, visto os valores permaneceram entre 99 e 100% entre as diferentes composições. A retenção de água refere-se a uma característica da argamassa colante que está intimamente relacionada a presença do aditivo polimérico HEC no traço e, como tal, não foi alterado em todos os traços, não se observou alterações significativas com a substituição do agregado mineral pelos resíduos. Tal fato pode estar relacionado principalmente ao HEC. Segundo Silva (2001), a incorporação do polímero HEC em argamassas dificulta a movimentação da água na mistura, e sua saída do sistema, seja por sucção quando em contato com materiais porosos ou por evaporação para o ambiente, diminui.

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência de aderência à tração e tempo em aberto de 15 min, seguem descritos na Tabela 8.

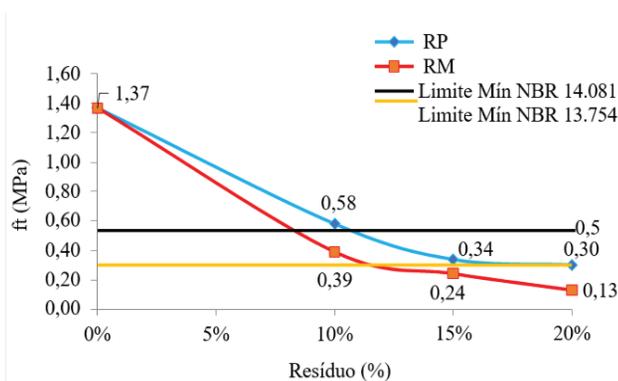
Formulação	Resist. de Aderência a Tração (MPa)	Tempo em Aberto (MPa) / min	
Padrão	1,37	1,18	>15 min
RM10	0,39	0,18	<15 min
RM15	0,24	0,09	<15 min
RM20	0,13	0,03	<15 min
Desvio Padrão	0,57	0,53	-

RP10	0,58	0,32	<15 min
RP15	0,34	0,06	<15 min
RP20	0,30	0,05	<15 min
Desvio Padrão	0,50	0,54	-

**Tabela 8** - Ensaio de resistência de aderência a tração e tempo em aberto.  
**Fonte:** autores.

Com a análise de variância (ANOVA) e o teste Tukey, observou-se que para os dois tipos de resíduo houve uma diferença significativa das composições em relação ao padrão. Para as composições com substituição por RM, verificou-se que houve diferença significativa apenas entre RM10 e RM20. Para o resíduo RP, os resultados apontam que a média da mistura de RP10 foi significativamente diferente e as misturas de RP15 e RP20 não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo inferior às demais. Assim, percebe-se influência da inserção dos resíduos, ao passo que, com maior quantidade de resíduo incluso, menor foi a capacidade de aderência da argamassa, tanto para RM quanto para RP.

A tendência do comportamento quanto à resistência de aderência dos traços executados pode ser melhor visualizado na Figura 4.



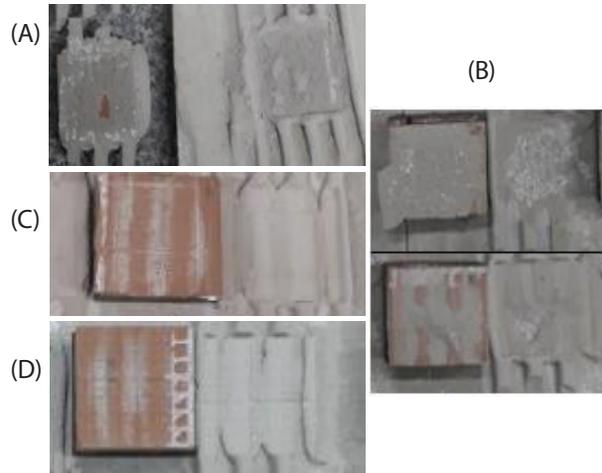
**Figura 4** - Resistência de aderência a tração.  
**Fonte:** autores.

É possível identificar que apenas as argamassas padrão e RP10 atenderam à resistência mínima requerida pela NBR 14081: 2012, que é de 0,5 MPa. No entanto, quando verificada à NBR 13754: 1996, somente as formulações RM15 e RM20 não atenderam ao valor mínimo preconizado.

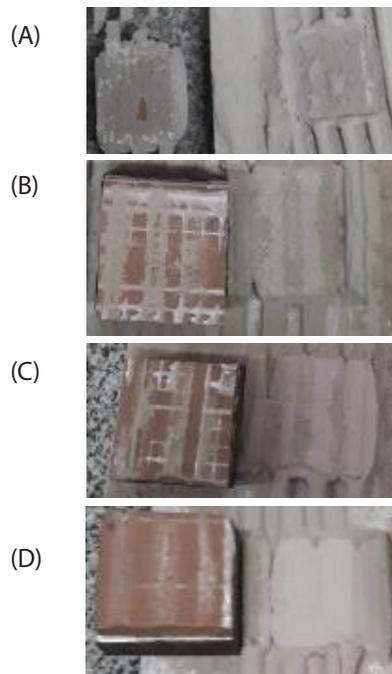
Conforme já mencionado, a adição de finos na argamassa resulta no aumento da superfície específica, de maneira que requer maior quantidade de pasta (água e aglomerante) entre os grãos para manter a resistência. Segundo Rato (2006), maior superfície específica implica em um acréscimo significativo de quantidade de poros, sendo que, a maior porosidade da argamassa endurecida

traz como consequência menores resistências. Conforme Martinho (2017), a adição de resíduo leva ao aumento de superfície específica, apresentando como consequência a existência de menor quantidade de ligante disponível para garantir a aderência, ou seja, a aderência tende a reduzir com o aumento da quantidade de resíduo incorporado.

Corroborando com este resultado, apresenta-se a análise dos tipos de ruptura do ensaio de resistência de aderência à tração, ilustrado nas Figuras 5 e 6, enquanto a compilação quantitativa consta na Tabela 9.



**Figura 5** - Tipos de ruptura dos ensaios de aderência à tração, para resíduo RP: (a) argamassa padrão, (b) argamassa RP10 – 60% ruptura tipo A e 40% ruptura tipo A/P, (c) argamassa RP15 e (d) argamassa RP20.  
**Fonte:** autores.



**Figura 6** - Tipos de ruptura dos ensaios de aderência à tração, para resíduo RM: (a) argamassa padrão, (b) argamassa RM10, (c) argamassa RM15 e (d) argamassa RM20.  
**Fonte:** autores.

Por meio das Figuras 5 e 6 e pelos dados apresentados na Tabela 9, nota-se que, para as argamassas colantes com maior percentual de resíduos, menor é a ancoragem da argamassa na placa cerâmica, mesmo que os cordões de argamassa tenham sido amassados.

	Ruptura Camada Argamassa (A)	Ruptura da Interface entre Argamassa e Peça (A/P)
Padrão	100%	-
RM10	-	100%
RM15	-	100%
RM20	-	100%
RP10	60%	40%
RP15	-	100%
RP20	-	100%

**Tabela 9** - Tipos de rupturas, ensaio de aderência a tração.  
 Fonte: autores.

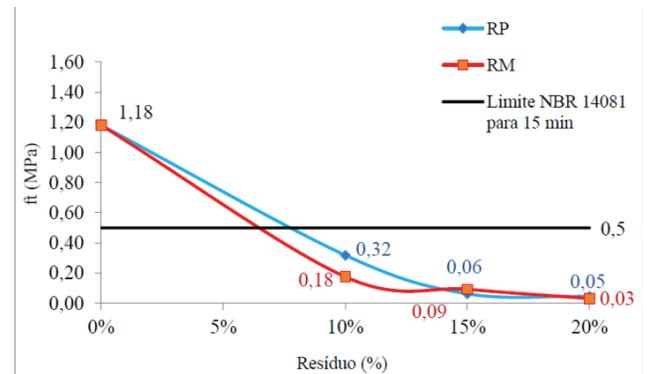
Segundo Francescato (2016), a aderência mecânica nas argamassas colantes refere-se à penetração da argamassa nos poros ou entre a rugosidade do substrato, caracterizada pelo engaste entre as partículas dos materiais constituintes do sistema de revestimento. Com os tipos de ruptura resultantes dos arrancamentos efetuados, observa-se nas argamassas com 20% de substituição, a maior dificuldade de ancoragem quando comparado com a padrão.

As composições com adição de RM, que é mais fino em relação ao RP, apresentaram resultados inferiores aos obtidos com formulações de RP, reforçando a relação entre área superficial e necessidade de maior quantidade de pasta em sua composição.

No ensaio de tempo em aberto foi adotado o intervalo de tempo de 15 minutos, contado entre o espalhamento da argamassa e o início do assentamento das peças cerâmicas, conforme requisito para atendimento de tempo em aberto para argamassas do tipo ACI, conforme NBR 14081-1: 2012, os resultados seguem ilustrados no Figura 6. A propriedade de tempo em aberto das argamassas, de acordo com Póvoas (1999), refere-se a uma das propriedades mais importantes da argamassa colante, sendo que, trata-se do período de tempo após o espalhamento da argamassa sobre o substrato, em que é possível o assentamento da placa cerâmica obtendo-se a resistência de aderência adequada.

A partir dos resultados expostos na Figura 7, verifica-se a tendência à redução da resistência conforme é incorporado um maior percentual de resíduos em sua composição, tanto para RM quanto para RP. Pode-se perceber que

apenas a argamassa padrão atendeu a resistência de aderência superior ao limite normativo para os 15 minutos de tempo em aberto, enquanto todas as demais composições mostraram-se com baixo desempenho nesta característica.



**Figura 7** - Determinação do tempo em aberto.  
 Fonte: autores.

Por meio da ANOVA do teste Tukey, estatisticamente percebe-se que somente a média do padrão foi significativamente superior aos outros seis traços. No caso do resíduo RM, não foi verificada variação significativa entre as misturas RM10, RM15 e RM20. Já, com relação ao resíduo RP, foi identificada variação significativa apenas entre RP10 e RP20.

Segundo Oliveira (2015), a perda de aderência das placas assentadas após o tempo em aberto está associada com a formação de uma película que interfere na adesão inicial da argamassa colante, sendo que a velocidade de formação de tal película depende, dentre outros fatores, da quantidade de água e de polímeros adicionados na argamassa colante. Neste caso, sendo a quantidade de aditivo mantida constante entre as 7 formulações, é possível notar a influência da adição de resíduo.

Os valores obtidos com o ensaio de absorção de água por capilaridade, são apresentados na Tabela 10.

Formulação	A10 (g/cm <sup>2</sup> )	A90 (mm)	Coefficiente de Capilaridade
Padrão	0,09	0,26	2,7
RM10	0,11	0,28	2,7
RM15	0,13	0,35	3,4
RM20	0,09	0,22	2,1
Desvio Padrão	0,02	0,05	0,56
RP10	0,11	0,32	3,1
RP15	0,14	0,34	3,3
RP20	0,08	0,23	2,4
Desvio Padrão	0,02	0,05	0,39

**Tabela 10** - Ensaio de absorção de água por capilaridade.  
 Fonte: autores.

Por meio da ANOVA e do Teste Tukey verifica-se nas absorções no tempo 10 minutos, que não houveram diferenças significativas entre os resultados da padrão e 20%, contudo a composição com 15% apresenta variação significativa e superior as outras, sendo este comportamento identificado tanto nas argamassas com RM quanto nas com RP.

Já para o tempo de 90 minutos, observou-se variação significativa entre as médias para composições de mesmo resíduo, sendo esta diferença influenciada pelo maior valor de absorção nas argamassas com substituições de 15%. Analisando estatisticamente as variações entre os tipos de resíduo, não ocorreram diferenças significativas entre os resultados de uma mesma composição (10, 15 ou 20%).

Por meio da Figura 8, verifica-se que o percentual de substituição de 15%, para o RM e para o RP, é o que apresenta argamassa no estado endurecido com maior absorção de água.

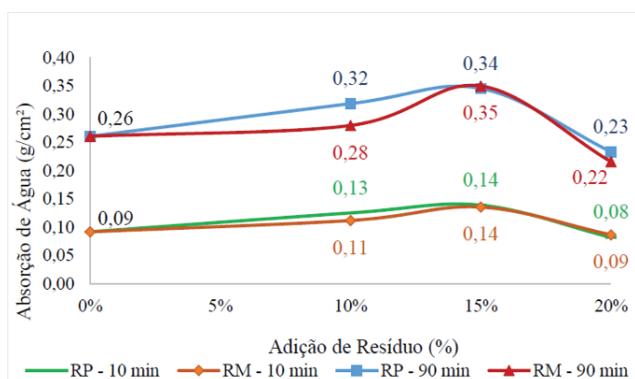


Figura 8 - Determinação do tempo em aberto.  
Fonte: autores.

Segundo Rato (2006), o coeficiente de absorção de água por capilaridade depende de fatores como a quantidade de poros, a conectividade dessa rede porosa e a dimensão dos poros, sendo que, quanto menor for o tamanho dos poros, maior serão as forças capilares. Ainda, segundo o mesmo autor, o aumento da finura das areias dá origem a um aumento da porosidade aberta das argamassas, independentemente do tipo de ligante, embora areias mais finas impliquem, em argamassas endurecidas, poros de menores dimensões. Portanto, devido a tais fatores percebe-se a oscilação dos resultados de absorção de água, tanto para o tempo de 10 minutos quanto para o de 90 minutos, em função da quantidade dos resíduos incorporados.

Vale citar que os resultados obtidos por Azevedo et.al. (2017), indicaram também um conteúdo de ar incorporado crescente da argamassa quando comparado com a argamassa referência, apresentando maior disponibilidade de espaços vazios correlacionado ao fato de as partículas de

vidro serem granuladas, causando o pior arranjo entre os agregados da composição. Ainda, nos resultados verificados por Buyuksagis (2017), observou-se o aumento da absorção de água conforme o maior teor de resíduo substituído, resultando no aumento na porosidade.

#### 4. CONCLUSÕES

Com o presente estudo, foi possível observar as alterações provocadas pela adição dos resíduos na composição de argamassas colantes, tanto no estado fresco quanto no endurecido.

Em relação ao estado fresco das misturas realizadas, percebeu-se que, conforme o aumento do percentual de substituição do agregado, menos fluida a argamassa de torna, o que indica uma possível insuficiência de pasta de (aglomerante hidráulico). Com a redução dos tamanhos das partículas de agregado, mantendo a mesma relação água/material seco, por ter uma fração de finos maior, a área superficial do sistema aumenta, e assim exige uma maior quantidade de água para a mistura.

Estas informações se correlacionam com os resultados de índice de consistência, no qual se observa um decréscimo resultante da adição dos resíduos, tanto do tipo RM quanto do RP. A retenção de água das argamassas avaliadas não sofreu grandes variações, sendo todas consideradas com alta retenção conforme a NBR 13281: 2001.

Para os ensaios endurecidos da argamassa, percebe-se que ocorre a redução das propriedades de resistência de aderência à tração e de tempo em aberto, também influenciadas pelo fato da carência de água nas composições com maior teor de finos, de modo que se torna necessário uma correção da relação água/material anidro ou inclusão de aditivos conforme o implemento de resíduos finos.

Com os resultados obtidos para o ensaios de aderência à tração e tempo em aberto, foi possível adotar uma linha de tendência polinomial e estimar um percentual de resíduo a ser substituído na argamassa, sem que a mesma deixe de atender aos quesitos normativos necessários, sendo este valor em torno de 6% de resíduo. Observou-se, também, o aumento na absorção por capilaridade para as argamassas com 15% de RM e RP, indicando o aumento na porosidade da argamassa (rede porosa) com a adição de finos, no entanto, com os percentuais de 20% se observou a redução da permeabilidade, podendo estar associado à poros isolados na argamassa.

Em relação às duas tipologias de resíduos avaliadas, percebeu-se que, devido à ambos serem mais finos em comparação com a areia utilizada, apresentam comportamentos semelhantes, com as mesmas tendências.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento a empresa cerâmica parceira e também, a empresa de argamassa colante que indicou as possibilidades para o traço utilizado.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.E.F.S.; SICHIERI, E.P. Experimental study on polymer-modified mortars with silica fume applied to fix porcelain tile. *Building and Environment* (Vol. 42). São Paulo, p. 2645-2650. 07 Set. 2006.

ANFACER. Setor Cerâmico. Disponível em: <<https://www.anfacer.org.br/brasil>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653: Materiais pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-1: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica - Especificações. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-2: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica - Execução do substrato padrão e aplicação de argamassa para ensaios-. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-3: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica - Determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-4: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13817: Placas cerâmicas para revestimento: classificação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15463: Placas cerâmicas para revestimento - Porcelanato. 2. ed. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818: Placas cerâmicas para revestimento - especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR

NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13753: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13754: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

AZEVEDO, A. R. G.; ALEZANDRE, J.; ZANELATO, E. B.; MARVILA, M. T. Influence of incorporation of glass waste on the rheological properties of adhesive mortar. *Construction and Building Materials*. Campos dos Goytacazes, Brasil, p 360. 15 Maio. 2017.

BIFFI, G. O Grês Porcelanato: manual de fabricação e técnicas de emprego. Faenza Editrice do Brasil Ltda, São Paulo, p. 262, 2002.

BOSCHI, A. O. Uma Análise Crítica do Setor de Revestimentos Cerâmicos. *Cerâmica Industrial*. São Carlos, p. 08, Abril, 2002.

BRITO, J. F. Brito (2009), Produção de Gres Porcelanato a partir Matérias-primas do Estado da Bahia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Salvador, p. 18. Outubro. 2009.

BUYUKSAGIS, I. S.; UYGUNOGLU, T.; TATAR, E. Investigation on the usage of waste marble powder in cement-based adhesive mortar. *Construction and Building Materials*. Turkey, p. 02-03-04. 17 Agosto. 2017.

CARASEK, H. *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais*. São Paulo: Arte Interativa, 2007.

COSTA, I. Estudo Comparativo Entre as Argamassas de Revestimento Externo: Preparada em Obra, Industrializada Fornecida em Sacos, e Estabilizada Dosada em Central. *Centro De Ciências Exatas E Tecnológicas*. Lajeado, 2016.

FRANCESCATTO, T. R. Análise da Resistência de Aderência de Placas Cerâmicas em Chapas de Gesso Acartonado. *Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão*, 2016.

GRIPP, R. A. A Importância do Projeto de Revestimento de Fachada para a Redução de Patologias. 2008. 80 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

MARTINHO, P.A.G. Análise do comportamento de argamassas com a incorporação de “pellets” de madeira. *Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa*. Lisboa, p. 57. Maio, 2017.

MODOLO, R.C.E.; SILVA, T.; SENFF, L.; TARELHO, L.A.C.; LABRINCHA, J.A.; FERREIRA, V.M.; SILVA, L. Bottom ash from biomass combustion in BFB and its use in adhesive mortars. *Fuel Processing Technology*, Vol. 129. Aveiro, Portugal, p. 192–202. Jan. 2015.

OLIVEIRA, M. J. D. Avaliação do Tempo de Consolidação de Argamassas Colantes Através de Métodos Reológicos. *Universidade Federal de Santa Maria*. Santa Maria, p. 19 – 26. Agosto, 2015.

PETIT, J-Y.; COMELLI, B.; PERRIN, R.; WIRQUIN, E. Effect of formulation parameters on adhesive properties of ANSI 118-15 and 118-11 compliant tile adhesive mortars. *International Journal of Adhesion & Adhesives*. France, p. 01-02. 19 Dez. 2015.

PILEGGI, R. G. Efeito da distribuição granulométrica sobre o comportamento reológico de concretos refratário. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Carlos. São Carlos, 1996.

PÓVOAS, Y.V. Tempo em aberto da argamassa colante: método de medida e influência dos aditivos HEC e resina PVAc. São Paulo, 1999. p.154. *Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo*.

RATO, V. N. P. M. Influência da Microestrutura Morfológica no Comportamento de Argamassas. *Universidade Nova de Lisboa*, p. 48-50. 2006.

SANCHEZ, E. et al. Efeito da composição das matérias-primas empregadas na fabricação de grês porcelanato sobre as fases formadas durante a queima e as propriedades do produto final. *Revista Cerâmica Industrial*, p. 15. Out. 2001.

SILVA, D. A. Efeitos dos Polímeros HEC e EVA na Microestrutura de Pastas de Cimento Portland. *Universidade Federal de Santa Catarina*, p. 46-50. Julho. 2001.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7812-0753>

**RENATA PEREIRA SARTOR** | UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE | Curso Engenharia Civil | Criciúma, Santa Catarina, Brasil | Correspondência para: Av. Universitária, 1105 - Bairro Universitário CEP: 88806-000 - Criciúma-SC | e-mail: [renata.sartor@unesc.net](mailto:renata.sartor@unesc.net)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5785-5913>

**JAISON ARAÚJO SPECK** | UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE | Curso Engenharia Civil | Criciúma, Santa Catarina, Brasil | Correspondência para: Av. Universitária, 1105 - Bairro Universitário CEP: 88806-000 - Criciúma-SC | e-mail: [jspeck@casan.com.br](mailto:jspeck@casan.com.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6114-8725>

**ALINE EYNG SAVI, Dra.** | UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE | Curso Engenharia Civil | Criciúma, Santa Catarina, Brasil | Correspondência para: Av. Universitária, 1105 - Bairro Universitário CEP: 88806-000 - Criciúma-SC | e-mail: [arquiteta.alinesavi@gmail.com](mailto:arquiteta.alinesavi@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1753-4944>

**JORGE HENRIQUE PIVA, Msc.** | UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE | Curso Engenharia Civil | Criciúma, Santa Catarina, Brasil | Correspondência para: Av. Universitária, 1105 - Bairro Universitário CEP: 88806-000 - Criciúma-SC | e-mail: [jhpiva@gmail.com](mailto:jhpiva@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9698-1100>

**ELAINE GUGLIELMI PAVEI ANTUNES, Dra.** | UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE | Curso Engenharia Civil | Criciúma, Santa Catarina, Brasil | Correspondência para: Av. Universitária, 1105 - Bairro Universitário CEP: 88806-000 - Criciúma-SC | email: [elainegpa@gmail.com](mailto:elainegpa@gmail.com)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

SARTOR, Renata Pereira; SPECK, Jaison Araújo; SAVI, Aline Eyng; PIVA, Jorge Henrique; ANTUNES, Elaine Guglielmi Pavei. Estudo Da Influência Da Aplicação De Pó Residual Do Processo De Retífica À Seco De Placas Cerâmicas Em Argamassas Colantes Industrializadas. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p.29-40, ago. 2021.** 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.MIX2021.v7.n3.29-40>.

**DATA DE ENVIO:** 04/11/2020

**DATA DE ACEITE:** 01/04/2021

# DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE CONHECIMENTO DAS PARTES INTERESSADAS SOBRE A RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA DOS RESÍDUOS GERADOS PELO COCO VERDE PÓS-CONSUMO NA REGIÃO LITORÂNEO DO RIO GRANDE DO SUL

*DEFINITION OF THE LEVEL OF KNOWLEDGE OF INTERESTED PARTIES ON THE SHARED RESPONSIBILITY OF WASTE GENERATED BY POST-CONSUMPTION GREEN COCONUT IN THE COASTAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL*

**ANA CRISTINA CURIA, Dra.** | UNISINOS

**REGINA CÉLIA ESPINOSA MODOLO, Dra.** | UNISINOS

**ADRIANE BRILL THUM, Dra.** | UNISINOS

**ANDRÉ LUIS KORZENOWSKI, Dr.** | UNISINOS

**CARLOS ALBERTO MENDES MORAES, Dr.** | UNISINOS

## RESUMO

A preocupação dos brasileiros com a saúde faz crescer o consumo de alimentos saudáveis e a água de coco in natura assume um papel especial nas regiões praianas, mas ao mesmo tempo desencadeia um cenário problemático de grande geração de resíduos de coco verde pós-consumo. Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo é avaliar a percepção dos principais atores sobre a responsabilidade compartilhada na gestão da casca do coco verde pós-consumo no litoral do Rio Grande Sul. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema seguida de levantamento de dados primários com o uso de pesquisa de campo com aplicação de entrevista e questionário de um total de 346 pontos de consumo de água de coco verde in natura no Estado do Rio Grande do Sul (RS). Com base nos resultados obtidos no perfil encontrado dos atores, ficou evidente que em sua grande maioria, estes demonstraram conhecimento sobre o assunto e interesse. Na média das 4 regiões estudadas a participação na gestão da casca de coco verde pós-consumo dos catadores, gestores públicos e distribuidores, varejistas e consumidores foi de 100%, 88%, 81%, 76%, 13%, respectivamente. Em relação à viabilidade da gestão da casca de coco verde pós-consumo na média 70%, 26% e 4 % dos atores consideram a mesma como alta, média e baixa, respectivamente. Desta forma, a gestão da casca de coco verde pós-consumo se mostra uma alternativa viável capaz de fortalecer os elos para uma cadeia mais sustentável pelo potencial aproveitamento deste resíduo como matéria-prima.

**PALAVRAS-CHAVE:** Logística reversa, coco verde, pós-consumo, responsabilidade compartilhada

## ABSTRACT

*The concern of Brazilians with health increases the consumption of healthy foods and fresh coconut water plays a special role in the coastal regions, but at the same time it triggers a problematic scenario of great generation of post-consumer green coconut wastes. In this context, the objective of this research is to evaluate the perception of the main actors related to the shared responsibility in the post-consumption green coconut husk waste management on the coast*



*and capital of the State of Rio Grande do Sul (RS). Initially, a bibliographic review was performed on the topic followed by a survey of primary data using field research with interview application and questionnaire of a total of 346 points of consumption of fresh green coconut water in the State of Rio Grande do Sul. Based on the results obtained in the found profile of the actors, it was evident that, for the most part, they demonstrated knowledge and interest about the subject. In the average of the 4 regions studied, the participation in the management of the post-consumer green coconut husk of the waste pickers, public managers and distributors, retailers and consumers were 100%, 88%, 81%, 76% and 13%, respectively. Regarding the viability of the management of post-consumer green coconut husk on average 71%, 30% and 3% of the actors consider the same as high, medium, and low, respectively. In this way, management of the post-consumer green coconut shell is a viable alternative capable of strengthening the links to a more sustainable chain by the potential use of this waste as raw material.*

**KEY WORDS:** *Reverse logistics, green coconut, post-consumption, shared responsibility*

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de coco verde no mundo correspondeu a 62 milhões de toneladas em 2019, dos quais corresponde 80% Ásia, 8% Américas, 4% Oceania, 3% África. O Brasil ocupa a 5ª posição de maior produtor e a produção de coco no Brasil teve uma área plantada correspondendo a 187 mil hectares, correspondendo aproximadamente 2,3 milhões de toneladas em 2019 (FAO, 2021).

O cenário mundial para o mercado de coco está em expansão, com aumento da produção, porém aliada a pequenos esforços para a eliminação ou minimização da geração dos seus resíduos, o que poderia agregar valor a todos os seus componentes, proporcionando ganhos para toda a cadeia e de forma sistêmica fomentar novos mercados (ARAGÃO et al., 2004).

Neste cenário mundial, em especial o consumo de água de coco in natura tem destaque garantido nas regiões praianas gerando expectativas de bons negócios, mas por outro lado intensa preocupação, considerando que 80 a 85% do coco in natura após extração da água resulta em resíduo de uma massa em média de 1,5 a 1,8 quilos.

No Brasil, estima-se que 80% dos resíduos gerados nas praias brasileiras são provenientes da casca de coco verde e sua gestão é um crescente desafio para a logística reversa dos resíduos sólidos urbanos (RODRIGUES, 2008; MOTA et. al, 2015).

A logística reversa é um instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010) que visa priorizar não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Logo, para que a logística reversa dos resíduos de coco possa ser adequada conforme a PNRS, os mesmos deverão ser considerados biomassa ou coprodutos com valor agregado, e não rejeitos pelo seu potencial aproveitamento, reduzindo a geração de gases de efeito estufa e volume ocupado nos aterros sanitários.

Mais especificamente no caso do resíduo da casca do coco verde a sua valorização é justificada quando do seu beneficiamento em fibra ou pó com respectivo potencial aplicação em diversos segmentos: automobilístico, tratamento de efluentes, moveleiro, têxtil, calçadista, construção civil, inclusive no design da moda verde com uso de fibras naturais ou combinadas (fibras naturais e sintéticas), com um enorme potencial de agregar valor para o produto final, com impacto positivo pela redução da pegada de carbono oferecendo atributos como custo e durabilidade quando comparados com os têxteis sintéticos (DEBNATH, 2016).

Cada vez mais surgem estudos (VÄISÄNEN et al., 2016; INDRAYANIA et al., 2014; ARDANUY; ANTUNES & VELASCO, 2012; ASHORI & NOURBAKHS, 2010; DAHY, 2017) que apontam a viabilidade do uso de biomassa natural em substituição, ou de forma associada aos compósitos tradicionais derivados de petróleo.

Porém, para que o resíduo da casca de coco pós-consumo possa ser empregado de forma mais sustentável todos os atores envolvidos na logística reversa devem atuar conforme trata a responsabilidade compartilhada (BRASIL, 2010; FERRI, CHAVES & RIBEIRO, 2015; GUERREIRO, 2013) de forma equilibrada.

O desempenho da atuação de cada ator é influenciado pela sua conscientização e entendimento do seu papel na cadeia de valor do coco. Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo é avaliar a percepção dos principais atores (distribuidores, varejistas, consumidores, catadores de resíduos e poder público) sobre a responsabilidade compartilhada na gestão da casca do coco verde pós-consumo no litoral do Rio Grande Sul.

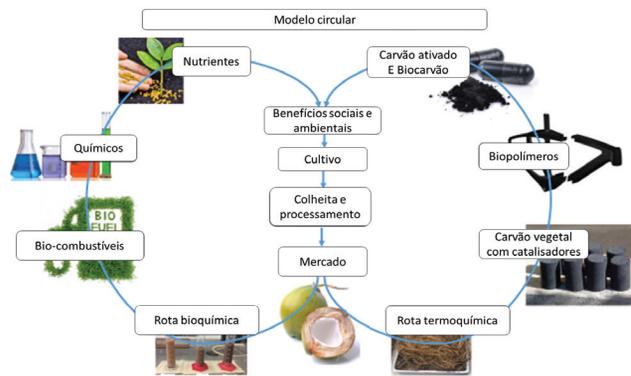
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No contexto mundial, o coco é destinado, especialmente à produção de copra, tendo como principais derivados, óleo e farinha de coco (ETENE, 2021). No mercado brasileiro (Brígida et al., 2010), do total da produção do fruto sua utilização como produto destina-se principalmente à extração para a indústria de leite de coco e coco ralado e uma parte menor é direcionada para o consumo da água de coco in natura ou processada consumida em estabelecimentos comerciais diversos, com a respectiva geração de resíduos da sua casca.

Segundo PEREIRA (2015), o processamento da casca de coco resulta em dois produtos principais: as fibras longas, que correspondem a 30% da casca e as fibras curtas ou pó da casca de coco (que correspondem a 70% da casca).

O beneficiamento da casca de coco vem sendo empregado como uma forte alternativa para o reaproveitamento destes resíduos como subprodutos com interesse econômico. As principais matérias-primas do processo de beneficiamento são constituídas do epicarpo (superfície da casca de coco), mesocarpo (constituído, principalmente, de fibras) e o endocarpo, a região interna do coco que serve como reservatório para o armazenamento da água de coco (Silveira, 2008).

A reciclagem dos resíduos da casca de coco é otimizado com o entendimento das características técnicas dos seus componentes, permitindo que esses materiais sejam aplicados em ciclos biológicos ou técnicos, que são os conceitos da economia circular conforme apresentado na Figura 01 (KAPPLER et al., 2018).



**Figura 01:** Cadeia do coco – Modelo Linear X Circular  
**Fonte:** Kappler et al. (2018)

No Brasil, mesmo com o avanço do agronegócio associado a produção do coco, a sua cadeia de valor ainda é predominantemente associada ao modelo de economia linear (extrair recursos, produzir bens e descartar resíduos). Pesquisas realizadas no mundo, em especial nos países maiores produtores de coco, indicam o mesmo cenário, com gerenciamentos inadequados para os resíduos da casca de coco, tais como queima irregular em Gana e Sri Lanka (Obeng et al. 2020; Kumar et al., 2003) e disposição no solo na Índia (Koteswararao et al., 2016).

No Brasil, a gestão dos resíduos de casca de coco pós-consumo está orientada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Brasil 2010), que disciplina a gestão de resíduos sólidos urbanos considerando todos os atores desta cadeia de forma a superar as barreiras e desafios deste tema e ao mesmo tempo promover as oportunidades de uma economia circular.

Para aplicar as ações previstas na PNRS, e em especial, no referente ao gerenciamento dos resíduos da casca de coco, se faz necessário o entendimento e reconhecimento dos atores como parte essencial de uma rede na qual todos tem o seu papel, que de forma conjunta podem promover ações colaborativas em prol da economia circular.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Área de estudo

A costa do Rio Grande do Sul é uma das mais longas praias de areia do mundo, composta por 620 km de faixa de praias longas e contínuas essencialmente de areias finas, apresentando duas descontinuidades permanentes (enseadas da lagoa Tramandaí e Patos). Pequena parte da população do Rio Grande do Sul vive na costa e a maioria das cidades costeiras estão concentradas ao norte do estado. O clima é temperado húmido com temperaturas médias anuais de 18°C, apresentando temperaturas

quentes no verão com média de 26°C e temperaturas frescas no inverno com média de 12°C (ESTEVES et al., 2001; DILLENBURGI, ESTEVES & TOMAZELLI, 2004).

Esta condição climática é responsável pelo incremento significativo da população desta região nos meses de dezembro a março, ocasionando uma ocupação inadequada para a infraestrutura existente como consequência gerando alteração das paisagens e potencializando o desequilíbrio dos ecossistemas marinhos. Segundo Cristiano et al. (2016), várias práticas relacionadas a falta de gestão pública das praias do Rio Grande do Sul contribuem para degradação da paisagem e não favorecem o desenvolvimento costeiro.

Com terreno pouco acidentado, e altitudes que variam entre 4 e 300 metros, o município de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, se desenvolve para leste, a partir da margem esquerda do Lago Guaíba. Esta posição geográfica se torna estratégica, atuando como indústrias e de serviços. Possui clima subtropical úmido com 21,4% da vegetação original. Deste remanescente, 10,2% são campestres e 13,9% florestais. Inserida no limite dos biomas pampa e mata atlântica (HASENACK, 1989). Porto Alegre é décima capital mais populosa do Brasil, com uma população de 1.488.252 habitantes com dados de 2020, IDHM (índice de desenvolvimento humano municipal) de 0,805 em 2010 (IBGE, 2021).

Esta pesquisa avaliou o cenário de regiões praianas do Estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil, pelo seu potencial de geração de coco verde pós-consumo em 25 municípios. Destes municípios, por conveniência foram selecionadas 4 regiões (Figura 02), das quais três delas estão situadas na região costeira do sul do Brasil e uma está localizada em Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, com características fortemente urbanas.



**Figura 02:** Mapa do Brasil mostrando a região do Rio Grande do Sul com ênfase nas 4 regiões estudadas.  
**Fonte:** Google Maps

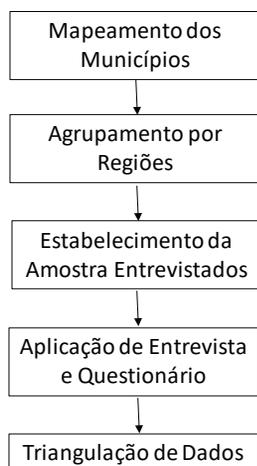
### 3.2. Procedimentos

A pesquisa foi desenvolvida com base na metodologia já empregada por Curia et al. (2017). A pesquisa teve o emprego de um estudo exploratório-descritivo, buscando ampliar a discussão sobre a percepção da responsabilidade compartilhada dos principais atores do resíduo do coco verde pós-consumo no Rio Grande do Sul, (distribuidores, varejistas, consumidores, catadores de resíduos e poder público). Este tipo de estudo tem com o objetivo prever a ocorrência de um fenômeno ou testar a base aprofundada da pesquisa (FORZA, 2002).

A pesquisa, quanto à sua natureza, pode ser classificada como sendo teórico-empírica, pois se trata de uma pesquisa que, além dos dados teóricos (obtidos através da pesquisa bibliográfica) também conta com o levantamento de dados primários obtidos por meio de uma pesquisa de campo (PRODANOV & FREITAS, 2013).

### 3.3. Amostragem

O estudo foi desenvolvido conforme as etapas metodológicas apresentadas na Figura 03.



**Figura 03:** Fluxograma da metodologia adotada  
**Fonte:** Autor

Como base em levantamento bibliográfico foi estabelecida a amostra dos municípios agrupados por regiões praianas pelo seu potencial de distribuição de coco verde no Rio Grande do Sul, Sul do Brasil: a) Região 1 (Porto Alegre, Barra do Ribeiro, Canoas, Eldorado do Sul, Guaíba e Candelária); Região 2 (Torres, Arroio do Sal, Xangri-lá, Terra de Areia e Capão da Canoa); Região 3 (Imbé, Tramandaí, Osório, Cidreira, Balneário Pinhal, Palmares do Sul e Mostardas); Região 4 (Pelotas, São Lourenço do Sul, Santa Vitória do Palmar, Dom Pedrito, São José do Norte, Tavares e Rio Grande).

Após pesquisa de campo nos municípios das regiões citadas acima selecionou-se por conveniência e agrupados as regiões (Região 1, Região 2, Região 3 e Região 4). Com base em critério 1 - localização: proximidade da capital – Porto Alegre – POA – até 200 km visando a melhor logística de distribuição considerando que a Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul – CEASA, situada em POA, é uma grande fonte de abastecimento dos distribuidores desta forma sendo uma rota importante no fluxo de logística do coco verde in natura; bem como a importância da capital para o mercado dos produtos provenientes da extração do coco verde pós-consumo para manufatura do pó e fibra. Também por conveniência, com base em critério 2 - geração de resíduos de coco verde pós-consumo – igual ou acima de 40 toneladas/ano, as regiões foram revisadas com a configuração dos municípios que atenderam o critério de geração: Região 1 (Porto Alegre); Região 2 (Torres, Arroio do Sal, Xangri-lá e Capão da Canoa); Região 3 (Imbé e Tramandaí). Como base em critério 3 – foi realizada uma revisão final considerando a existência de cooperativas organizadas de catadores de resíduos instaladas na região, devido a sua importância como potencial agente de beneficiamento dos resíduos de coco verde: Região 1 (Porto Alegre); Região 2 (Torres e Arroio do Sal); Região 3 (Xangri-lá e Capão da Canoa); Região 4 (Imbé e Tramandaí).

Foram estabelecidos como pontos de consumo os quiosques das regiões praianas de interesse e como fonte de consulta os distribuidores, varejistas, consumidores do coco verde in natura, catadores das cooperativas de resíduos da casca de coco verde pós consumo e poder público responsável pela sua gestão. Foi estabelecido como amostragem de pontos de consumo e de entrevistados por região conforme a Tabela 01.

Região	(N)	(Nv)
1	7 (2,02%)	3 (6,52%)
2	81 (23,41%)	8 (17,39%)
3	118 (34,1%)	14 (30,43%)
4	140 (40,46%)	21 (45,65%)
Total	346 (100%)	46 (100%)
Região	(Nd)	(Ngp)
1	1 (7,69%)	1 (14,29%)
2	4 (30,77%)	2 (28,57%)
3	4 (30,77%)	2 (28,57%)
4	4 (30,77%)	2 (28,57%)
Total	13 (100%)	7 (100%)
Região	(Nc)	(Nca)
1	6 (14,63%)	1 (14,29%)

2	8 (19,51%)	2 (28,57%)
3	11 (26,83%)	2 (28,57%)
4	16 (39,02%)	2 (28,57%)
Total	41 (100%)	7 (100%)

**Tabela 01:** amostra de entrevistados  
**Fonte:** Autor

A amostra total de pontos de consumo (N) de todos os municípios das regiões praianas corresponde a 430 pontos, dos quais 346 pontos de consumo pertencem as regiões selecionadas por conveniência (Tabela 01). O número total de varejistas corresponde a um por ponto de consumo (Nv), desta forma foram entrevistados 46 (13%) varejistas de um total 346 (Tabela 01). Com base nas informações dos gestores públicos não é possível estimar a população dos consumidores (Nc) na época do estudo por se tratar de um período que conta com variação imprevisível da população de cada município devido ao aumento de turistas. Desta forma, definiu-se que a amostra de consumidores está baseada em no mínimo 50% dos números de varejistas entrevistados por região, dos quais a pesquisa contou com 89% desta população. Através das informações dos varejistas foi possível identificar os seus distribuidores de coco verde in natura (Nd), cuja amostragem atingiu 100% desta população. A amostra de entrevistados referente ao poder público (Ngp) foi estabelecida por meio da consulta dos representantes como maior poder de decisão na gestão dos resíduos da casca de coco verde (secretários do meio ambiente), correspondendo à 100 % da amostra desta população. Foram consultados os responsáveis formais pelas organizações (presidente e vice-presidente) representantes dos associados ou cooperativados catadores, que pelo seu poder de decisão correspondem à 100% da amostra desta população (Nca).

Foram selecionados para aplicação do questionário as organizações de resíduos sólidos urbanos responsáveis pela segregação dos resíduos recicláveis da coleta seletiva de cada região estudada, das quais: Região 1- organização de catadores localizada em Porto Alegre na área leste da cidade; Região 2 – organização de catadores localizada em Torres em área responsável pela coleta seletiva e transbordo de resíduos; Região 3 - organização de catadores localizada em Capão da Canoa em área responsável pela coleta seletiva e aterro municipal; Região 4 – duas organizações de catadores localizadas em Tramandaí em área responsável pela coleta seletiva e aterro municipal. No caso das regiões 2, 3 e 4 foram avaliadas as únicas organizações responsáveis pela segregação dos resíduos recicláveis da coleta. Porém, no caso da Região 1, a organização de

catadores selecionada foi uma indicação do poder público que julgou a mesma como representativa da totalidade de 16 unidades de triagem da cidade de Porto Alegre.

Para a coleta dos dados foram utilizadas entrevistas individuais estruturadas com observação não participante e emprego de questionário, constituindo-se uma coleta de dados primários. O questionário contemplou questões relacionadas à logística reversa dos resíduos do coco verde pós-consumo, a quantidade de resíduos gerados e sua respectiva destinação final, bem como a participação dos diferentes atores e viabilidade da gestão da casca de coco verde pós-consumo para potencial aproveitamento deste resíduo como matéria prima. As entrevistas e aplicação do questionário foram realizadas nas regiões 1, 2, 3 e 4 em janeiro e fevereiro de 2017 para distribuidores, varejistas, consumidores do coco verde in natura; em setembro e outubro de 2017 para catadores de resíduos da casca de coco verde pós-consumo e poder público responsável pela gestão deles. Para análise dos dados foi feita uma triangulação que permitiu estabelecer a quantificação dos resíduos de coco verde pós-consumo que foi realizada por meio de uma projeção anual com base nos dados fornecidos pelos entrevistados varejistas nos pontos de consumo. Com esta análise também foi possível analisar a viabilidade da gestão da casca do coco pós-consumo para potencializar o uso deste resíduo como matéria prima.

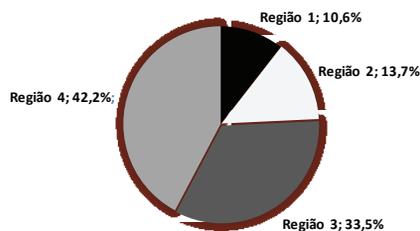
## 4. RESULTADOS

### 4.1. Quantificação da geração de resíduos da casca de coco verde pós-consumo

Alguns dos municípios estudados conforme pesquisa de campo não apresentaram nenhum consumo de coco verde in natura. Da amostragem inicial de 25 municípios, as cidades de Pelotas, São Lourenço do Sul, Santa Vitória do Palmar, Dom Pedrito, São José do Norte, Tavares e Rio Grande foram os que apresentaram consumo nulo de água de coco verde in natura. Segundo os varejistas isto se deve a cultura dos consumidores destas localidades, que não têm o hábito de consumo deste fruto na praia, bem como aos elevados preços de venda do fruto nos pontos de consumo devido as dificuldades de logística relativas às distâncias dos locais de consumo e distribuição do fruto.

Com base no critério de geração de resíduos de coco verde pós-consumo dos municípios com geração abaixo de 40 toneladas/ano não tiveram seus dados avaliados: Região 1 (Barra do Ribeiro, Canoas, Eldorado do Sul, Guaíba e Candelária); Região 2 (Terra de Areia); Região 4 (Osório, Cidreira, Balneário Pinhal, Palmares do Sul e Mostardas).

Por outro lado, os municípios das Regiões 1 (Porto Alegre); 2 (Torres e Arroio do Sal); 3 (Xangri-lá e Capão da Canoa); 4 (Imbé e Tramandaí) que apresentaram gerações de resíduos de coco verde acima de 40 toneladas/ano demonstraram um perfil de consumo alto de água de coco verde in natura nos pontos de consumo localizados em quiosques distribuídos nas praias do Rio Grande do Sul ou parques da cidade de Porto Alegre. Isto se deve ao perfil deste consumidor que possui o hábito muito popular de consumo desta fruta nestas regiões nos períodos de temperaturas mais elevadas correspondendo ao verão (dezembro a março) e em especial no mesmo período de férias. Verifica-se na Figura 03 que as regiões 3 e 4 são aquelas que apresentaram os maiores percentuais de geração de resíduos de coco verde in natura. Isto é facilmente explicado porque as regiões 3 e 4 são praianas e próximas da capital do Sul do estado contando com a população local e variável proveniente da presença dos turistas, enquanto que a Região 1 é tipicamente urbana com consumo centralizado em 7 pontos de varejo localizados em parques (Parque Moinhos de Vento, Marinha do Brasil, Parque Farroupilha e Praça Carlos Simão Arnt) e estabelecimentos de alta concentração de pessoas (Barra Shopping Sul, Mercado Público e Usina do Gasômetro) e ao mesmo tempo esta região. A região 2 também é praiana, porém fica mais afastada da capital com um número de quiosques (77) menor que as regiões 3 (118) e 4 (140).



**Figura 03:** Distribuição de resíduos de coco pós-consumo por região  
**Fonte:** Autor

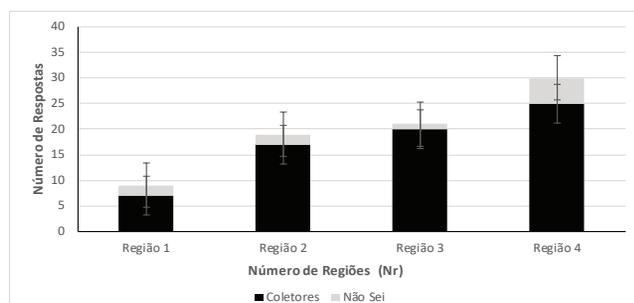
O município de Tramandaí (Região 4) é aquele que apresentou a maior quantidade de geração de resíduos de coco verde in natura, seguido por Capão da Canoa (Região 3) e Imbé (Região 4), com geração de 297, 289 e 207 toneladas/ano, respectivamente. Esta geração é representativa considerando que o Estado do Rio Grande do Sul, não é produtor de coco e a sua localização é desfavorável pela logística em relação aos produtores que estão localizados no Nordeste, Norte e Sudeste do Brasil. Segundo Martins et al. (2016), Fortaleza (Nordeste) e Rio de Janeiro (Sudeste) geram 150 toneladas/dia e 180 toneladas/dia por final de semana, na alta temporada, de resíduos de coco verde pós-consumo, respectivamente.

## 4.2. Percepção dos diferentes atores sobre acondicionamento e aplicações da casca de coco verde pós-consumo

Dos municípios avaliados na pesquisa de campo somente Tramandaí (Região 4) teve incidência de resíduos de coco verde pós-consumo depositados diretamente no solo próximo de dois quiosques, um deles na praia de Jardim do Éden e outro na praia de Nova Tramandaí. Segundo Silveira (2008), nas praias do município de Salvador/Bahia a incidência de acondicionamento inadequado de resíduos de coco verde pós-consumo depositados a céu aberto nas praias por descaso do consumidor, falta de coletores adequados e suficientes, bem como por uma coleta deficitária por parte da prefeitura.

Os entrevistados demonstraram em sua grande maioria conhecimento sobre o assunto e interesse sobre o acondicionamento correto. Na média das quatro regiões estudadas, somente 13% e 9% dos entrevistados entre varejistas e consumidores finais do coco verde in natura não tinham conhecimento sobre as formas de acondicionamento e destinação dos resíduos de coco verde pós-consumo, respectivamente. Por outro lado, todos os entrevistados entre representantes do poder público gestores de resíduos, catadores de resíduos e distribuidores de coco in natura demonstraram total conhecimento sobre este tema. Segundo estudo realizado nas praias de Fortaleza (QUARESMA, 2016) os consumidores não possuem um conhecimento sobre a destinação dos resíduos de coco verde pós-consumo, mas acreditam que a reciclagem seja a opção mais adequada.

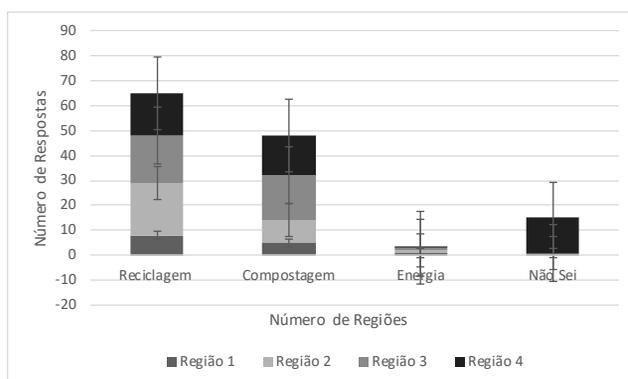
A Figura 04 demonstra que uma parcela menor de consumidores e varejistas possuem desconhecimento sobre as formas de acondicionamento dos resíduos de coco verde pós-consumo. Isto se deve entre vários fatores ao severo nível de fiscalização das prefeituras que são responsáveis pela concessão para o uso dos quiosques de praia que tem como exigência o uso exclusivo de coletores fornecidos pela mesma para acondicionamento dos resíduos e em caso de incidência de resíduos na areia das praias próximo as áreas dos quiosques a aplicação de multas.



**Figura 04:** Percepção dos varejistas e consumidores sobre as formas de acondicionamento  
**Fonte:** Autor

No caso específico de Porto Alegre, ainda para evitar o acondicionamento indevido é proibida a venda da fruta in natura. O varejista é responsável pela extração da água de coco e distribuição em copos descartáveis. Esta é uma tentativa que visa garantir que o resíduo do coco verde pós-consumo fique centralizado e acumulado nos pontos de venda acondicionados de forma adequada. No geral este não é o cenário encontrado nas regiões litorâneas do Brasil. Os varejistas das Regiões 1, 2, 3 e 4 demonstraram descontentamento com a Prefeitura pela coleta dos resíduos de coco verde pós-consumo. De um lado a prefeitura exige o acondicionamento correto dos resíduos, mas por outro lado não disponibiliza a coleta seletiva em todos os municípios das regiões pesquisadas (30%) e mesmo aqueles que possuem coleta seletiva (70%) os resíduos de coco verde são misturados com os demais resíduos da coleta convencional na disposição final. Os municípios que possuem coleta seletiva nas regiões pesquisadas são: Porto Alegre, Torres, Capão da Canoa, Xangri-lá, Imbé e Tramandaí (Parcial). Dos quais, somente o Município de Capão da Canoa possui coleta seletiva, com segregação específica para os resíduos de coco verde, que são direcionados para central de reciclagem dos quais eram utilizados em conjunto com resíduos de poda para produção de biocomposto que era posteriormente empregado na adubação dos jardins do município.

Todos os atores apostam na reciclagem e compostagem como as melhores opções de aplicabilidade dos resíduos de coco verde pós-consumo (Figura 05), apontando que os seus respectivos benefícios estão relacionados fortemente com a redução da poluição visual e a geração de trabalho e renda.



**Figura 05:** Percepção dos atores sobre as formas de aplicação da casca de coco verde pós-consumo  
**Fonte:** Autor

Conforme estudo semelhante realizado em Sergipe (BITENCOURT, 2008), sobre logística reversa do coco verde somente 38% dos entrevistados tinham algum conhecimento sobre as potencialidades deste resíduo. E quando

questionados sobre o uso de produto reciclado com emprego de casca de coco apontaram a aplicabilidade na jardinagem como primeira opção pelo uso do substituto do xaxim. Os entrevistados entre representantes do poder público gestores de resíduos, catadores de resíduos e distribuidores de coco in natura concordam com os consumidores e varejistas em relação a reciclagem e compostagem e ainda destacam o uso da última como melhor opção.

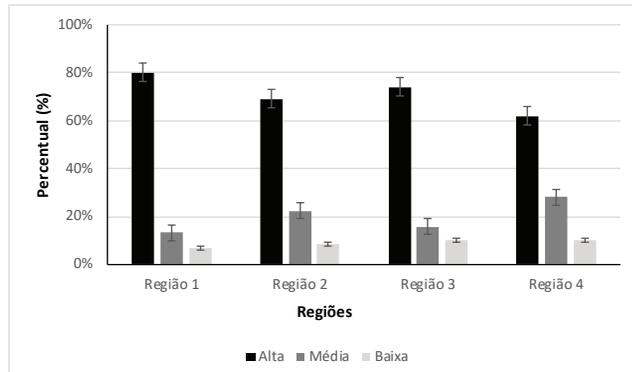
Os consumidores, varejistas e distribuidores de coco verde in natura e representantes do poder público gestores de resíduos e catadores de resíduos apontam redução significativa da poluição visual das praias com o aumento da fiscalização e conscientização dos moradores locais e em especial dos turistas. Este é um ponto de preocupação da população. Conforme estudo desenvolvido em Salvador (SILVEIRA, 2008), os resíduos do coco verde pós-consumo estão contribuindo para a poluição visual do município à medida que estes resíduos ficam dispostos nos logradouros e na areia da praia.

### 4.3. Participação dos diferentes atores e viabilidade da gestão da casca de coco verde pós-consumo por região

Todos os atores entendem a importância da sua participação na logística reversa do coco verde pós-consumo (Figura 06). Na média das 4 regiões estudadas a participação na gestão da casca de coco verde pós-consumo dos catadores, gestores públicos e distribuidores, varejistas e consumidores foi de 100%, 88%, 81%, 72%, 16%, respectivamente. A Região 4 apresentou uma aderência um pouco menor quando comparado com as demais regiões. Este resultado está relacionado com percepção dos distribuidores e poder público da região onde somente 50% dos mesmos consideram sua participação com alta. Este comportamento é uma exceção, pois em geral o poder público, distribuidores, varejistas e catadores demonstram alta participação na logística reversa. O comportamento dos varejistas apresentou uma forte tendência de alta participação com respostas positivas de comprometimento com o meio ambiente e turismo. Estudos (SHARHOLY et al., 2008, ADENIRAN, NUBI & ADELOPO, 2017) apontam que a participação da comunidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos é a opção de menor custo (redução na fonte) aliado a importância do papel do catador pela ação ambiental e social, atuando na correta segregação (aperfeiçoamento da reciclagem) e redução de custos.

Por outro lado, a opinião dos consumidores em relação a sua participação na gestão dos resíduos do coco pós-consumo, somente 16 %, indicam para uma forte

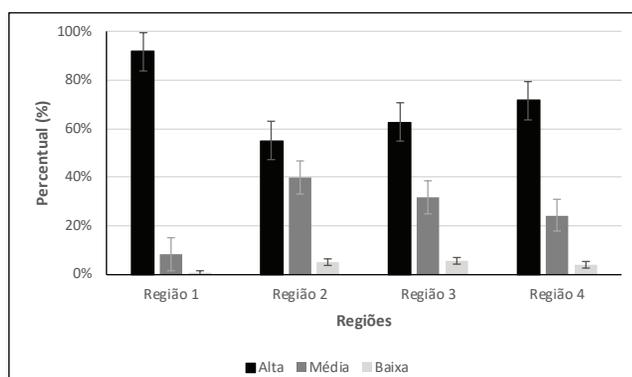
tendência a simplificar a sua participação à mera segregação dos resíduos nas praias. Segundo estudo realizado por Miezah et al. (2015), de 1000 entrevistados de todo o estudo 924 (92,4%) estavam dispostos a separar seus resíduos, enquanto 4,8% não estavam dispostos e 2,3% não responderam. O motivo de sua decisão de separar o resíduo estava relacionado com um ambiente mais limpo e facilidade de reciclagem, mas para aqueles que não estão dispostos a separar os resíduos foi porque não havia motivação para isso.



**Figura 06:** Percepção da participação dos atores na gestão da casca do coco verde pós-consumo  
**Fonte:** Autor

Em média 71% dos atores (catadores, gestores públicos, distribuidores, varejistas e consumidores) consideram sua participação na logística reversa da casca do coco verde pós-consumo como alta.

Já em relação à viabilidade da logística reversa da casca de coco verde pós-consumo, todos os entrevistados demonstraram uma alta aderência e aceitação na média 70%, 26% e 4 % dos atores consideram a mesma como alta, média e baixa, respectivamente. Como apresentado na Figura 07, todas as regiões demonstram uma alta percepção sobre viabilidade da logística reversa da casca do coco verde pós-consumo.



**Figura 07:** Percepção dos atores sobre a viabilidade da logística reversa  
**Fonte:** Autor

No geral, os consumidores mencionam a necessidade do desenvolvimento de campanhas educativas sobre a coleta e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos para estimular a adoção desta cultura entre os diferentes atores. De acordo com Marshall & Farahbakhsh (2013), campanhas de conscientização influenciam o comportamento dos indivíduos para segregar os resíduos devido à sua preocupação ambiental e decisão de participar de soluções. Esta segregação pode ser incrementada quando os cidadãos compartilham a sua responsabilidade com o poder público.

Os entrevistados, em especial os catadores de resíduos, apostam no estabelecimento de políticas públicas que promovam o desenvolvimento de novos negócios sustentáveis inclusive com incentivos fiscais, bem como acreditam no reaproveitamento de resíduos como matéria-prima para fabricação de produtos sustentáveis. Segundo estudo com resíduos sólidos urbanos realizado na Índia (Sharholly et al., 2008), a promoção e desenvolvimento da reciclagem de materiais é um meio de melhorar as condições de vida e de trabalho dos catadores e outros grupos marginalizados, com a organização de um setor informal e a promoção de microempresas de forma eficaz, garantindo maneiras de ampliar os serviços ambientais acessíveis.

Os varejistas e distribuidores percebem a importância da preservação do meio ambiente e o reaproveitamento dos resíduos como uma oportunidade de ampliar as suas vendas pelo apelo destas ações como agente atrativo de turistas e por outro lado, uma forma inteligente de conservar os recursos e beleza natural das praias e parques. Na praia de Capão da Canoa foi identificada campanha educativa de acondicionamento e destinação correta dos resíduos de coco verde pós-consumo liderada por distribuidor, consciente e preocupado com a gestão correta destes resíduos.

O poder público das quatro regiões reforça a necessidade de investimentos em mão de obra capacitada para o desenvolvimento de campanhas educativas para estimular o senso da responsabilidade compartilhada pela gestão dos resíduos sólidos, bem como infraestrutura e equipamentos modernos capazes de promover um gerenciamento adequado dos resíduos (caminhões, coletores e outros) e tecnologia para a utilização das técnicas mais avançadas de reaproveitamento, tratamento dos resíduos e disposição final dos rejeitos.

A pesquisa realizada indica potencialidades de aplicação dos resíduos da casca de coco gerado nas regiões estudadas como composto já utilizado durante 10 anos na região de Capão da Canoa e como subproduto como biocomposto para produção de produto de moda sustentável. Estes achados estão alinhados com estudo realizado

por Curia et al. (2019), de resultados de bibliometria que indicam o aumento de estudos com ênfase em biocompósitos. Sendo que estes estudos normalmente investigam de forma exaustiva as condições dos biocompósitos e suas aplicações técnicas. Porém, não tem sido relevante o caráter sistêmico das aplicações em um contexto de sustentabilidade, em especial nos aspectos ambientais e sociais.

Estudos (Marshall & Farahbakhsh, 2013; Garnett et al., 2017) mostram que um sistema eficaz de gestão de resíduos sólidos não é apenas baseado em soluções tecnológicas, mas também uma condição ambiental, sociocultural, legal, institucional, econômica, cultural e como disponibilidade de conhecimentos e recursos para o engajamento público e privado.

## 5. CONCLUSÕES

Com base na análise dos dados primários obtidos com a aplicação de entrevista e questionário e triangulação dos dados dos entrevistados das quatro regiões estudadas foi possível determinar a quantificação dos resíduos do coco verde pós-consumo, bem como avaliar a percepção dos principais atores desta cadeia (distribuidores, varejistas, consumidores, catadores de resíduos e poder público) em relação ao acondicionamento, destinação, participação e viabilidade da logística reversa. Verificou-se que as regiões 3 e 4 são aquelas que apresentaram os maiores percentuais de geração de resíduos de coco verde in natura, seguidas das regiões 2 e 1, com percentuais de geração de resíduos anuais de 33,5% (120 toneladas); 42,2 % (151 toneladas); 13,7% (49 toneladas) e 10,6% (38 toneladas). Os catadores, distribuidores e representantes do poder público demonstraram amplo conhecimento sobre as formas de acondicionamento dos resíduos de coco verde pós-consumo. Enquanto, os consumidores e varejistas apresentaram na média das quatro regiões estudadas, 13 % e 9% de desconhecimento sobre as formas de acondicionamento e destinação deste resíduo, respectivamente. Estes demonstraram pouco conhecimento sobre a aplicabilidade (58%) e benefícios (42%) do reaproveitamento dos resíduos de coco verde pós-consumo. Isto se deve entre outros fatores ao rigor da fiscalização das prefeituras com emprego de multas nos casos de inobservância dos requisitos legais. As prefeituras exercem um papel positivo neste requisito, mas por outro lado segundo a percepção dos varejistas, consumidores, catadores e distribuidores a mesma não assume o seu papel na responsabilidade compartilhada pela falta de condições apropriadas para alavancar a logística reversa. Na média das 4 regiões estudadas a participação na gestão da casca de coco

verde pós-consumo dos catadores, gestores públicos e distribuidores, varejistas e consumidores foi de 100%, 88%, 81%, 76%, 13%, respectivamente. Isto se deve entre outros fatores ao perfil dos atores, dos quais somente os consumidores foram aqueles que apresentaram uma tendência em simplificar a sua importância na participação da logística reversa. Em relação à viabilidade da gestão da casca de coco verde pós-consumo na média 70%, 26% e 4 % dos atores consideram a mesma como alta, média e baixa, respectivamente. Esta aderência dos atores somado a necessidade de desenvolvimento de políticas públicas suficientemente eficazes para estimular a promoção de novos negócios sustentáveis parece ser o caminho mais adequado para a promoção da logística reversa. Desta forma, considerando a suas limitações e facilidades, a logística reversa dos resíduos de coco verde pós-consumo no Rio Grande do Sul se mostra uma alternativa viável capaz de fortalecer os elos da sua cadeia sustentável.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e CNPq, pelo apoio, respectivamente, a bolsa PNPd, e bolsa de pos-doc Jovens talentos CSF e produtividade em DT ambas do CNPq, além do apoio financeiro ao projeto SEBRAE e empresa Empório Argentino.

## REFERÊNCIAS

- ADENIRAN, A. E.; NUBI, A. T.; ADELOPO, A.O. Solid Waste Generation and Characterization in the University of Lagos for a Sustainable Waste Management. *Waste Management*. V. 67, p. 3-10, 2017.
- ARAGÃO W. M. et al. Teor de gordura e composição de ácidos graxos em polpa de frutos de coqueiro anão em diferentes idades de maturação. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, 63(2):159-67, 2004. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/2000/rial63\\_2\\_completa/992.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/2000/rial63_2_completa/992.pdf). Acesso em: 10 out. 2020.
- ARDANUY, M., ANTUNES, M., VELASCO, J. I. 2012. Waste Management. Vegetable fibres from agricultural residues as thermo-mechanical reinforcement in recycled polypropylene-based green foams. v. 32, p. 256-263, 2012.
- ASHORI, A; NOURBAKHSH, A. 2010. Bio-based composites from waste agricultural residues. *Waste Management*. v. 30, p. 680 – 684. 2010.
- BITENCOURT. D. V. Potencialidades e estratégias sustentáveis para o aproveitamento de rejeitos de coco (*Cocos Nucifera* L.). Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, 138 p, 2008.

- BRASIL. Lei nº. 12.305. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.
- BRÍGIDA, A.I.S.; CALADO, V.M.A.; GONÇALVES, L.R.B.; COELHO, M.A.Z. Effect of chemical treatments on properties of green coconut fiber. *Carbohydrate Polymers*. v. 79. P. 832 -838. 2010.
- CRISTIANO, S. C.; ROCKETTA, G.C.; PORTZB, L. C. ; ANFUSOC, G.; GRUBERB, N. L. S., ; Williams, A. T. Evaluation of Coastal Scenery in Urban Beaches: Torres, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 16(1):71-78 (2016).
- CURIA, A.C; MORAES, C.A.M.; MODOLO, R.C.E. Percepção da Responsabilidade Compartilhada do Varejista e do Consumidor Final do Resíduo do Coco Verde Pós-Consumo no Rio Grande do Sul – RGS. 8 FIRS – Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. 2017.
- CURIA, A.C; MORAES, C.A.M.; LECKE, R.; BREHM, F.A.; PIAZZA, V.R. Reaproveitamento da Casca de Coco Verde para Potencial Utilização como Compósito Sustentável – RGS. 10 FIRS – Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. 2019.
- DAHY, H, 2017. Biocomposite materials based on annual natural fibres and biopolymers – Design, fabrication and customized applications in architecture. *Construction and Building Materials*. v. 147, p. 212 – 220. 2017.
- DEBNATH, S. Natural fibres for sustainable development in fashion industry. Springer International Publishing. v.1, p. 89-108, 2016.
- DILLENBURGI, S. R.; ESTEVES, L. S.; TOMAZELLII, L, J. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* vol.76 no.3 Rio de Janeiro Sept. 2004.
- ESTEVES, L.S., PIVEL M.A.G., SILVA, A.R.P., BARLETTA, R.C., VRANJAC, M.P., OLIVEIRA, U.R. e VANZ, A. Beachfront owners perception of erosion along an armored shoreline in southern Brazil. *Pesquisas em Geociências*, 27 (2): 97-109, Jan/ Abr. 2001.
- ETENE - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. Produção de coco – O Nordeste é destaque nacional. Caderno Setorial ETENE, ano 3, nº 61, dezembro de 2018. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4296541/61\\_coco.pdf/c172dd8f-3044-f1db-5d0c-a94c5eb735e0](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4296541/61_coco.pdf/c172dd8f-3044-f1db-5d0c-a94c5eb735e0). Acesso em 19 mar. 2021.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Production. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- FERRI, G. L., CHAVES, G. I. D., RIBEIRO, G. M. Reverse logistics network for municipal solid waste management: The inclusion of waste pickers as a Brazilian legal requirement. *Waste Management*. V. 40, p. 91 -173, 2015.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process based perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.
- GARNETT, K.; COOPER, T.; LONGHURST, P.; JUDE, S.; TYRREL, S. A Conceptual Framework for Negotiating Public Involvement in Municipal Waste Management Decision-Making in the UK. *Waste Management*. v. 66, p. 210- 221. 2017.
- GUERREIRO, L. A.; MAAS, G.; HOGLAND, W. 2013. Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*. v. 33, p. 220- 232. 2013.
- HASENACK, H. Influência de variáveis ambientais sobre a temperatura do ar na área urbana de Porto Alegre, RS. 1989. 110f. Dissertação (Mestre em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1989.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>>. Acesso em 15 de março. 2021.
- INDRAYANIA, Y.; SETYAWATIA, D., YOSHIMURAB, T., UMEMURAB, K., Termite Resistance of Medium Density Fibreboard Produced from Renewable Biomass of Agricultural Fibre. *Procedia Environmental Sciences*. , v. 20, p. 767 - 771, 2014.
- KAPPLER, G., MORAES, C. A. M., CÚRIA, A., MODOLO, R. C. E., COLLING, V. A., MARQUES, A. C., CASAS, R., GIOVANNINI, G. (2019). A casca de coco verde no contexto da economia circular. 10 Encontro REALP. Universidade de Aveiro, 2018.
- KOTESWARARAO, B., RANGANATH, L., RAVI, D., & SIVA KISHORE BABU, K. (2016). Designing of a coconut chopping machine and making fuel from tender coconut. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(34), 1–5. <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i34/100962>
- KUMAR, S., SENANAYAKE, G., VISVANATHAN, C., & BASU, B. (2003). Desiccated coconut industry of Sri Lanka: Opportunities for energy efficiency and environmental protection. *Energy Conversion and Management*, 44(13), 2205–2215. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(02\)00235-2](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00235-2)
- MARSHALL, R. E.; FARAHBAKHS, K. Systems Approaches to Integrated Solid Waste Management

in Developing Countries. Waste Management. V. 33, p. 988 -1003, 2013.

MARTINS, A. P.; RODRIGUES DA SILVA, P. L.; BORELLI, C.; MARCIANO, J. P. P.; SANCHES, R. A. O problema do pós-consumo do coco no Brasil: alternativas e sustentabilidade. Sustentabilidade em debate. v. 7, n. 2, p. 44-57, jan / abr, 2016.

MIEZAH, K.; OBIRI-DANSO, K.; KÁDÁR, Z; FEI-BAFFOE, B.; MENSAH, M. Y. Municipal Solid Waste Characterization and Quantification as a Measure Towards Effective Waste Management in Ghana. Waste Management. V. 46, p. 15-27, 2015.

MOTA, F. A. S., VIEGAS, R.A., SANTOS, F.F.P, FURTADO, A.S.A. A Biomassa do coco verde (Cocos Nucifera). Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. Fortaleza. 2015.

OBENG, G. Y., AMOAH, D. Y., OPOKU, R., SEKYERE, C. K. K., ADJEI, E. A., & MENSAH, E. (2020). Coconut wastes as bioresource for sustainable energy: Quantifying wastes, calorific values and emissions in Ghana. Energies, 13(9). <https://doi.org/10.3390/en13092178>

QUARESMA, A. M. A. Gestão dos resíduos da casca do coco verde, determinação da sua composição química e propriedades antioxidantes. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 119 p, 2016.

PEREIRA, A. L. F. F. Avaliação do ciclo de vida de painéis obtidos a partir da casca do coco verde. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 107 p, 2015.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RODRIGUES, G. A. Embalagens de alimentos com fibra de coco verde. 3º Seminário de Tecnologia e Pesquisas Ambientais - SETEPAMC. Faculdade SENAI de Tecnologia Ambiental de São Bernardo do Campo. São Paulo, 2008.

SHARHOLY, M., AHMAD, K.; MAHMOOD, G.; TRIVEDI, R.C. Municipal Solid Waste Management in Indian Cities – A Review. Waste Management. V. 28, p. 459 -467, 2008.

SILVEIRA, M. S. A. Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em salvador. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Salvador, 163 p, 2008.

VÄISÄNEN, T.; ANTTI, H.; LAPPALAINEN, R., TOMPPOQUE, L. Utilization of agricultural and forest industry waste and residues in natural fiber-polymer composites: A review. Waste Management, in press. 2016.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8741-801X>

**ANA CRISTINA CURIA, Dra.** | Universidade do Vale do Sinos | Programa de Pós-graduação da Engenharia Mecânica PPGEM /São Leopoldo RS) – Brasil | Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei, São Leopoldo - RS, 93022-750 | e-mail: [anacuria@terra.com.br](mailto:anacuria@terra.com.br)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7088-2502>

**REGINA CÉLIA ESPINOSA MODOLO, Dra.** / Universidade do Vale do Sinos / Programa de Pós-graduação da Engenharia Mecânica PPGEM e Engenharia Civil PPGECS / São Leopoldo RS) – Brasil / Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei, São Leopoldo - RS, 93022-750 / e-mail: [reginaem@unisinos.br](mailto:reginaem@unisinos.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3392-3878>

**ADRIANE BRILL THUM, Dra.** | Universidade do Vale do Sinos | Especialização em Informações Espaciais Georreferenciadas / São Leopoldo RS) – Brasil | Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei, São Leopoldo - RS, 93022-750 | e-mail: [adrianebt@unisinos.br](mailto:adrianebt@unisinos.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7640-2845>

**ANDRÉ LUIS KORZENOWSKI, Dr.** | Universidade do Vale do Sinos | Programa de Pós-graduação da Engenharia da Produção e Sistemas e Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis/ São Leopoldo RS) – Brasil | Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei, São Leopoldo - RS, 93022-750 | e-mail: [akorzenowski@unisinos.br](mailto:akorzenowski@unisinos.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7295-2826>

**CARLOS ALBERTO MENDES MORAES, Dr.** / Universidade do Vale do Sinos / Programa de Pós-graduação da Engenharia Mecânica PPGEM e Engenharia Civil PPGECS / São Leopoldo RS) – Brasil / Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei, São Leopoldo - RS, 93022-750 / e-mail: [cmoraes@unisinos.br](mailto:cmoraes@unisinos.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

CURIA, Ana Cristina; MORAES, Carlos Alberto Mendes; MODOLO, Regina Célia Espinosa; THUM, Adriane Brill; KORZENOWSKI, André Luis. Definição Do Nível De Conhecimento Das Partes Interessadas Sobre A Responsabilidade Compartilhada Dos Resíduos Gerado Pelo Coco Verde Pós-Consumo Na Região Litorâneo Do Rio Grande Do Sul. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 41-52, ago. 2021.** 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.MIX2021.v7.n3.41-52>.

**DATA DE ENVIO:** 05/11/2020

**DATA DE ACEITE:** 01/04/2021

# DILEMAS PARA O USO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE SANEAMENTO RURAL: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA RURAL EM PONTALINA, GOIÁS

*DIFFICULTIES FOR THE USE OF ALTERNATIVE RURAL SANITATION SOLUTIONS: AN EVALUATION FROM THE PROGRAM MINHA CASA MINHA VIDA RURAL IN PONTALINA, GOIÁS*

LARISSA RAYMUNDO DA SILVA | UFG

YAN MACHADO SOUSA | UFG

YASMIN LINO DIAS | UFG

SARA DUARTE SACHO, M.Sc. | UFG

KARLA EMMANUELA RIBEIRO HORA, Dr. | UFG

## RESUMO

A garantia dos serviços de saneamento para a população rural é assimétrica quando comparada aos serviços prestados à população urbana, é também antiga e persiste, ainda hoje, no Brasil. Diante desse cenário, a pesquisa analisou o componente de saneamento básico nas residências subsidiadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida Rural (PMCMV) a partir de estudo de caso, com a realização da pesquisa em campo e análise de documentos do programa em Pontalina, Goiás. Os parâmetros de avaliação foram: financiamento disponibilizado; existência de assessoria técnica; tecnologias ofertadas; e atendimento de forma integrada aos quatro eixos do saneamento básico. Observou-se que o PMCMV tem potencial de articulação da política setorial de habitação com a política setorial de saneamento, entretanto, o Programa ainda não atende aos quatro componentes do saneamento básico de forma integrada. Muitas ações e iniciativas dependem do empreendedorismo e do protagonismo dos beneficiários, das entidades organizadoras ou de outras organizações não governamentais que fazem a mediação entre a população rural e as políticas públicas.

**PALAVRAS CHAVE:** Habitação Social; Lei 11445/2007; MCMVR; Avaliação; Política Pública

## ABSTRACT

*The differences in care of sanitation services between the rural and urban population is old and persistent in Brazil. Even the normative and institutional changes in the sector, with the approval of the Federal Basic Sanitation Policy in 2007, were not enough to change this scenario. As a strategy for the rural environment, we saw the implementation of technological sanitation solutions under the Minha Casa Minha Vida Rural Program (PMCMVR). Considering this action, this research analyzed the component of basic sanitation in homes subsidized by the Minha Casa Minha Vida Rural Program (PMCMVR) using the municipality of Pontalina, in Goiás, as research locus. The methodology was based on the case study, adopting quali-quantitative research procedures. Field research and quantitative analysis of the documents of the Rural PMCMVR were carried out. The evaluation parameters were: available funding; existence of technical advice; technologies offered; and integrated care to the four axes of basic sanitation. As a result, it was observed that the PMCMVR has the potential to articulate the sectoral housing policy with the sector's sanitation policy, however, in relation to the latter, the Program does not yet meet the four components of basic sanitation in an integrated way. Many of the actions and initiatives depend on the entrepreneurship and protagonism of beneficiaries, organizing entities or other non-governmental organizations that mediate between the rural population and public policies.*

**KEY WORDS:** Social Housing; Law 11445/2007; MCMVR; Evaluation; Public Policy



## 1. INTRODUÇÃO

Garantir a equidade no acesso ao saneamento para as populações rurais em relação ao urbano ainda é um desafio no Brasil. A Política Federal de Saneamento Básico – Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, alterada pela redação da Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020, define no seu artigo 3º, inciso I-A, o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais para o abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. O inciso VII do artigo 48 da mesma lei estabelece, dentro das diretrizes, a garantia de meios adequados para o atendimento da população rural, inclusive por meio da utilização de soluções compatíveis com as suas características econômicas e sociais peculiares (BRASIL, 2007).

Embora assegurado por lei, a chegada das infraestruturas de saneamento no meio rural enfrenta diferentes dificuldades, seja pela dimensão continental do país, seja pela dispersão habitacional característica dessas áreas ou pelo histórico de esquecimento e precarização que elas foram submetidas. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2015, o Brasil apresenta um déficit de esgotamento sanitário de 12,37% nas regiões urbanas e 61,29% nas regiões rurais. Em relação ao acesso a água potável, 6,48% dos domicílios urbanos e 68,76% dos domicílios rurais não possuem canalização interna e rede geral de abastecimento de água. Em termos de infraestrutura para resíduos sólidos, 7,17% das regiões urbanas e 64,71% das regiões rurais do Brasil não possuem manejo adequado (IBGE, 2015).

No Estado de Goiás os indicadores não são diferentes. O déficit em esgotamento alcança 65,28% nas regiões rurais e 19,16% nas urbanas. Em relação ao abastecimento de água o déficit é 9,72% para áreas urbanas e 85% para as rurais. No que tange ao manejo adequado de resíduos o déficit é de 2,63% nas regiões urbanas e de 69,22% nas rurais. Além da iniquidade no acesso, a ausência dos serviços compromete ações de desenvolvimento rural ou regional (IBGE, 2015).

Segundo Costa e Guilhoto (2014) a melhoria do sistema sanitário na zona rural do país poderia evitar 2.592 mortes e a redução de 129 mil toneladas de resíduos lançados em rios e 172,4 mil toneladas de nutrientes (nitrogênio, potássio e fósforo) que podem causar eutrofização em corpos de água. As soluções apontadas para o saneamento rural têm-se concentrado nas suas alternativas tecnológicas. Rodriguez-Santos et al (2018), estudando comunidades rurais no Equador apontou os impactos positivos do uso

da semente de moringa em processos de tratamento de água apresentando eficiência de mais de 90% na redução da turbidez e até 100% na remoção de coliformes fecais nas amostras de água analisadas.

A precariedade do saneamento nas áreas rurais está, na maioria das vezes, associada à ausência de políticas específicas e adequadas para essas localidades. Para Soto-Cordoba, Gaviria-Montoya e Pino-Gomez (2019) ao estudarem as condições de saneamento em áreas rurais na Costa Rica, a ausência de saneamento rural é derivada da inadequação de políticas públicas específicas dessas localidades. Esforço recente no Brasil, para dirimir tal condição, foi a estruturação do Programa Nacional de Saneamento Rural, lançado no final de 2019, como desdobramento da Lei 11445/2007.

Entretanto, ainda se vê pouca integração entre ações de saneamento e outras políticas setoriais, em especial, a habitacional que poderia ser adotada de forma conjunta para a resolução dos déficits nessas áreas. A melhoria de unidades sanitárias domiciliares integradas a programas habitacionais, tais como o Programa Minha Casa Minha Vida Rural (PMCMVR), que conta com soluções para saneamento e assessoria técnica, poderia ser uma alternativa para o combate do déficit em saneamento nas áreas rurais. Assim, por meio de programas, tais como o PMCMVR, seria possível ampliar a oferta de soluções integradas e adequadas para essas regiões. Isto foi visto em alguns cenários de execução do programa. Entre 2014 e 2018 foram construídas de 2.956 a 4.404 unidades habitacionais por meio do PMCMV rural, abrangendo 108 municípios em Goiás, sendo que a diferença encontrada nos dados se deve às fontes: até 2014 havia o registro de 2956 unidades habitacionais (UH) pelo portal do governo; até 2016 a Caixa Econômica Federal, em Goiás, indicava a construção de 3798 e a Federação dos Trabalhadores Rurais na Agricultura em Goiás (Fetaeg), indicava um registro de 4004 UH pelo programa.

Em termos de melhoria da qualidade de vida da população rural, Hora (2019), aponta a estratégia da luta pela habitação em Goiás junto aos movimentos sociais como uma possibilidade para adoção de soluções adequadas de saneamento ao mesmo tempo em que enfrenta a problemática da carência de habitação nesse meio. Da mesma forma que a relação entre habitação, saneamento e saúde possui uma interface significativa, como aponta o estudo de Magalhães et al. (2013).

Considerando esse contexto, o objetivo geral deste estudo é avaliar o componente de saneamento básico nas residências subsidiadas pelo Programa Minha Casa

Minha Vida Rural no Estado de Goiás, a partir dos seguintes elementos: financiamento disponibilizado; existência de assessoria técnica; tecnologias ofertadas; e atendimento de forma integrada aos quatro eixos do saneamento básico. Entende-se o PMCMVR como um instrumento facilitador para chegada de soluções adequadas de saneamento para o meio rural. Mas até que ponto isso é realmente oportunizado?

## 2. METODOLOGIA

Para a escolha do local, primeiramente, identificou-se a quantidade de municípios goianos que foram atendidos pelo Programa Minha Casa Minha Vida Rural (PMCMVR) até 2018. Em seguida analisou-se quais municípios tinham soluções de saneamento que seriam possíveis visitar e desses quais se localizavam a um raio de 140 km de Goiânia. Por fim, levou-se em consideração, também, a facilidade de acesso à localidade (estradas rodáveis) e às informações (disponibilizadas nos sistemas de monitoramento do PMCMVR).

A partir dos critérios elencados, duas cidades foram selecionadas: Pontalina e Jaraguá. Por meio de contato com as entidades organizadoras verificou-se que a melhor opção seria Pontalina, pois a cidade também recebeu um programa de biodigestores para a comunidade rural, fornecidos pelo Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR). Assim, realizou-se um levantamento de campo, onde se observou as condições de saneamento preenchendo um checklist e buscou-se opiniões das famílias beneficiadas pelos programas.

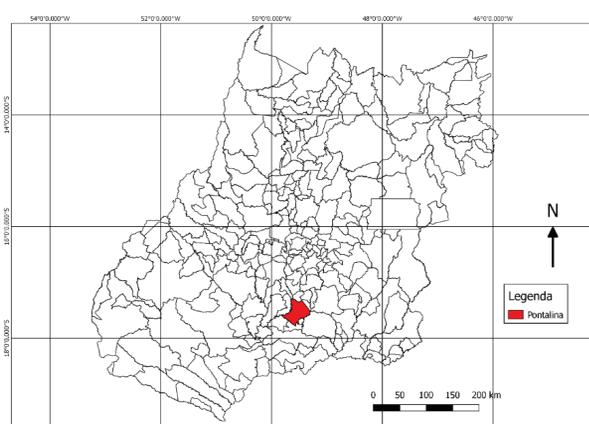
Além dos beneficiários, buscou-se dialogar sobre as estratégias adotadas para a implantação articulada das soluções de saneamento com a habitação com entidades organizadoras, possibilitando a avaliação da componente de saneamento no Programa. A pesquisa de campo foi realizada em julho de 2019, tendo visitado 11 domicílios. A visita foi acompanhada de um representante do Sindicato dos Trabalhadores Rurais local e isto facilitou o acesso às famílias e o melhor deslocamento na região.

Assim, o processo de avaliação das quatro componentes do saneamento básico no PMCMVR foi realizado por meio de visita em campo e questionário. A elaboração do questionário foi baseada em estudos e artigos publicados sobre a avaliação do programa. O questionário aplicado aos beneficiados do PMCMVR era composto por um único bloco; enquanto o questionário aplicado à entidade organizadora foi uma entrevista semiestruturada. Os instrumentos foram protocolados no Comitê de Ética em Pesquisa no Processo CAAE 10397519.3.0000.5083.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Área de estudo

Pontalina é um município do Estado de Goiás, cuja população, em 2010, era 13.897 habitantes na zona urbana e de 3.224 habitantes na zona rural (IBGE, 2010), sendo que a estimativa para 2019 era de 17.777 habitantes (AGM, 2018). A área territorial do município é de 1.436,954 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017) e a densidade demográfica, em 2010, era de 11,91 hab/km<sup>2</sup>. As coordenadas do município são 17°31'33" Sul e 49°26'56" Oeste (localização aproximada da prefeitura e da paróquia da cidade), pertencendo à região do sul goiano, conforme Figura 1.



**Figura 01:** Localização do município de Pontalina no estado de Goiás  
**Fonte:** Elaboração Própria

O município se destaca pela produção agropecuária e confecção de artigos de vestuário e acessórios, sendo o sexto maior produtor de mel do estado de Goiás (IMB, 2012). Em termos socioeconômicos, o salário médio mensal dos trabalhadores formais era de dois salários mínimos em 2010 e a renda média mensal da população rural era 1,95 salários mínimos (IBGE, 2010).

Pontalina não possui um Plano Diretor. Porém conta com um Código Ambiental, um Código Sanitário e um Código de Postura. O Código Ambiental - Lei Complementar nº 007 de 30 de dezembro de 2014, indicava que uma das vagas dos nove participantes do Conselho de Meio Ambiente da cidade seria disponibilizada para representante do sindicato dos produtores rurais, além disso, estabelece as multas sobre crimes ambientais cometidos em zonas rurais.

O Código de Postura de Pontalina, estabelecido pela Lei Complementar nº 008/2014 informa, dentre outros aspectos, que o município é responsável por assegurar as condições de sanidade de edifícios na zona rural. Já o Código Sanitário (Lei nº 1.450/2014) não faz menção à zona rural.

O PMCMVR em Pontalina teve início em 2012, quando o Sindicato de Trabalhadores Rurais de Pontalina, junto a Entidade Organizadora Local do programa, conseguiu acessar a contratação de 11 novas unidades habitacionais num valor de R\$ 281.600,00. De acordo com a Entidade Organizadora local, a luta sindical na agricultura familiar possibilitou, em 2015, o acréscimo de novo investimento, no valor de R\$ 531.000,00 para a construção de mais 18 unidades habitacionais, totalizando 29 casas construídas pelo PMCMVR.

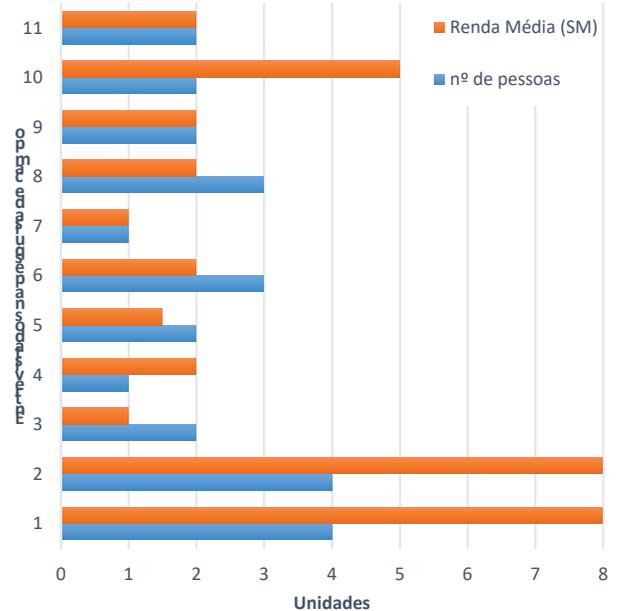
### 3.2. Perfil socio-econômico das famílias beneficiadas

Foram visitados, em julho de 2019, 11 domicílios dos 29 beneficiados pelo MCMVR em Pontalina. Embora o município e as comunidades sejam próximos à capital, Goiânia, distando cerca de 128 km da capital, as vias de acesso encontram-se em estado mediano de conservação e a maioria dos deslocamentos são efetuados em estradas de terra. Isto indica maior dificuldade de deslocamento no período das chuvas, face à ausência de trincheiras laterais ou escoadores de água na via. Ademais, as famílias beneficiadas pelo programa, são de uma comunidade rural pequena. Em 2017, o Município aprovou a Lei nº 1.537 de 23 de junho de 2017, que "Regulamenta o disposto no art. 102 da Lei Orgânica Municipal e Institui Plano de Apoio ao Produtor Rural de Pontalina e dá outras providências" visando atender à demanda dos pequenos produtores e do setor agropecuário no município.

Das 11 residências visitadas, seis foram contempladas com a construção de biodigestores, que podem ser utilizados como uma solução para o esgotamento sanitário. Dentre os entrevistados, sete foram mulheres e quatro homens. O total de moradores nas 11 moradias era de 26 pessoas, 13 homens e 13 mulheres. A idade média das famílias era 44,5 anos e a renda mensal média era de três salários mínimos. Tais informações estão representadas na Tabela 1 e Gráfico 1.

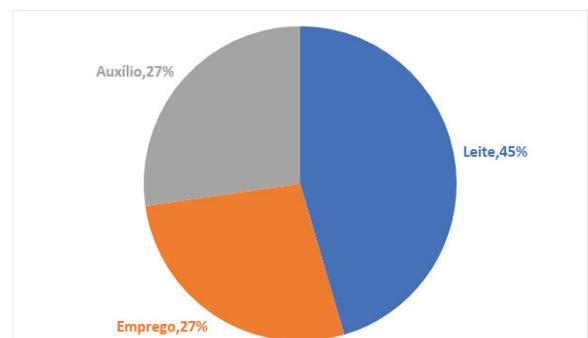
#	Entrevistado	Nº de Pessoas	Homens	Mulheres	Idade Média	Renda Média (SM)	Principal Fonte de Renda
1	Mulher	4	2	2	18,3	8,0	Leite
2	Mulher	4	3	1	17,0	8,0	Leite
3	Mulher	2	1	1	42,0	1,0	Emprego
4	Mulher	1	0	1	62,0	2,0	Auxílio
5	Homem	2	1	1	44,5	1,5	Emprego
6	Mulher	3	1	2	41,0	2,0	Leite
7	Homem	1	1	0	85,0	1,0	Auxílio
8	Homem	3	1	2	21,3	2,0	Leite
9	Mulher	2	1	1	32,5	2,0	Emprego
10	Homem	2	1	1	63,0	5,0	Leite
11	Mulher	2	1	1	63,0	2,0	Auxílio

**Tabela 01:** Perfil Socioeconômico dos Moradores Entrevistados  
**Fonte:** Elaboração Própria. SM = Salário Mínimo.



**Gráfico 01:** Tamanho da Família e Renda Mensal Média  
**Fonte:** Autores. SM = Salário Mínimo.

Chama atenção que, embora o leite seja a atividade predominante na região e aquela que oferta melhores rendimentos, apenas cinco dos 11 entrevistados identificaram esta atividade como a provedora da renda principal da família. O emprego fora da propriedade e o acesso a algum auxílio social ainda é a fonte de renda para mais de 50% das famílias, como demonstrado no Gráfico 2. Ainda assim, pode-se afirmar que a pecuária tem uma importância para cerca de 50% das famílias entrevistadas e, na região, abrange diferentes outros produtores rurais.



**Gráfico 02:** Principal Fonte de Renda das famílias entrevistadas  
**Fonte:** Autores. SM = Salário Mínimo.

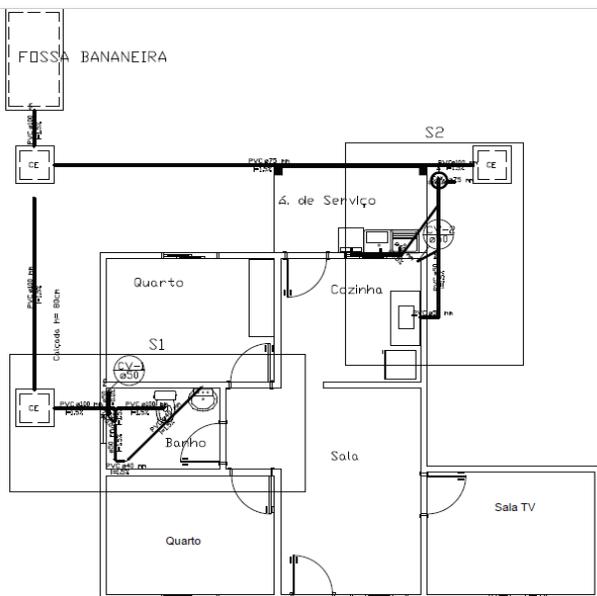
As famílias com maior renda per capita (1, 2 e 10) possuem como sua principal fonte de renda a produção de leite. Sete, das onze famílias, possuem uma renda per capita maior ou igual a um salário mínimo, sendo a média de 3,1 salários por família e 1,3 salário por indivíduo, sendo que é o mesmo valor per capita médio de todo estado de Goiás (IBGE, 2017).

### 3.3. Financiamento disponibilizado e projeto básico de construção

Para a construção das 4.044 moradias do PMCMVR no estado de Goiás foram gastos R\$ 102.551.475,00, ou seja, uma média de R\$ 25.360,00 por moradia. Em Pontalina o valor utilizado nas 29 moradias foi R\$ 812.600,00, resultando, em média, R\$ 28.020,00 por moradia. O valor da moradia varia segundo o preço do material de construção na região e aumenta com o tempo. Segundo a Entidade Organizadora Local, em 2018, o valor disponibilizado para cada unidade habitacional era de até R\$ 34.200,00. A construção das 29 casas foi realizada em duas etapas, sendo a primeira realizada no ano de 2012 e a segunda em 2015.

É importante destacar que esse investimento não é repassado em uma única parcela para o beneficiário. Ele é dividido em duas parcelas, conforme cada etapa da obra. Todo o recurso disponibilizado é entregue em forma de material para a construção. A Caixa repassa o valor para uma Entidade Organizadora e esta, por sua vez, compra o material e repassa para aos moradores. Os beneficiários são responsáveis pela construção da casa, sendo realizada por meio de mão de obra contratada ou por meio de mutirão entre amigos e familiares.

Todas as moradias possuem um mesmo projeto de arquitetura e o projeto de instalação hidrossanitário difere, apenas, na posição da fossa de bananeira, como mostra a Figura 2. Após a aprovação da construção in loco pelo Engenheiro do Programa, as casas são habitadas pelos beneficiários que passam, então, a pagar sua cota de contrapartida no valor de R\$ 1.000,00 divididos em quatro parcelas anuais.



**Figura 02:** Projeto de Esgotamento das Moradias de Pontalina  
**Fonte:** Entidade Organizadora Local, 2011

As Figuras 3 a 5 registram as 11 moradias visitadas em campo. Pelo registro fotográfico é possível perceber que, apesar do mesmo projeto arquitetônico, cada beneficiário busca dar identidade e singularidade à sua habitação, seja pela cor da fachada, sua disposição no lote ou ampliando o projeto básico em conformidade com suas necessidades. No caso das ampliações, elas só podem ocorrer após a aprovação da construção pela Caixa.



**Figura 03:** Moradias 1, 2, 3 e 4 visitadas.  
**Fonte:** Autores.



**Figura 04:** Moradias 5, 6, 7 e 8 visitadas.  
**Fonte:** Autores.



**Figura 05:** Moradias 9, 10 e 11 visitadas.  
**Fonte:** Autores.

### 3.4. Assessoria técnica para a construção das unidades habitacionais

Ao final de cada fase da obra ocorre uma vistoria do engenheiro da Caixa para assegurar a execução e a qualidade da mesma, a partir do qual dá prosseguimento à próxima etapa da obra. Sendo assim, as construções realizadas durante o mesmo período devem ocorrer concomitantes, para que a vistoria seja unificada e os valores sejam devidamente pagos. Esse é o momento em que os beneficiários recebem algum tipo de assessoria técnica.

Durante a construção em si eles têm acesso aos projetos da residência, mas, se houver dúvidas, os beneficiários devem contatar a Entidade Organizadora. Entretanto, o mais comum é sanar as dúvidas com familiares ou amigos que tenham alguma experiência em construção.

Caso a etapa apresente problemas estruturais na construção ou divergência de projeto, a obra não é liberada para o morador. Os moradores que alteram o projeto e o executam diferente do padrão estabelecido pela Caixa não possuem sua construção aprovada e é exigida a demolição dele e a sua reconstrução, conforme estabelecido pelo contrato. Os custos financeiros, neste caso, são arcados pelo próprio beneficiário. Isso implica em atrasos nas parcelas e no contrato, uma vez que é feito de forma coletiva pela entidade organizadora. Nos casos graves, há o desligamento do beneficiário do PMCMVR, significando, também, a devolução de valor incorretamente aplicado.

### 3.5. Soluções tecnológicas de saneamento adotadas

Toda moradia do PMCMVR deve oferecer soluções de energia elétrica, acesso, água e esgotamento sanitário. Nesse estudo, apenas as duas últimas foram alvo de interesse da pesquisa. No caso das casas construídas pela Entidade Organizadora Local para essa comunidade de Pontalina, a tecnologia escolhida para esgotamento sanitário foi a fossa de bananeira. A tecnologia ofertada para essa componente foi muito bem avaliada pelos beneficiários. Os moradores relataram que a fossa de bananeira é de fácil construção e manutenção tendo como benefício adicional a produção de bananas para o consumo familiar. Rodrigues e Hora (2019) registram que essa tecnologia é bem aceita em outras experiências do PMCMVR. Analisando etapas do Programa ocorridas em Vianópolis, foi possível atestar a dificuldade de inclusão de outras alternativas, com exceção dessa. A Figura 6 destaca uma das fossas de bananeira visitadas.

Com relação à alternativa de água, antes da construção da casa, é exigido que o morador já tenha uma fonte. É possível observar no Gráfico 3, as principais fontes de abastecimento de água das moradias visitadas.



Figura 06: Fossa de bananeira  
Fonte: Autores

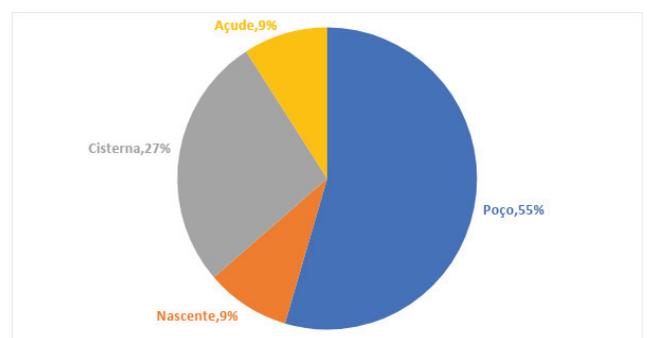
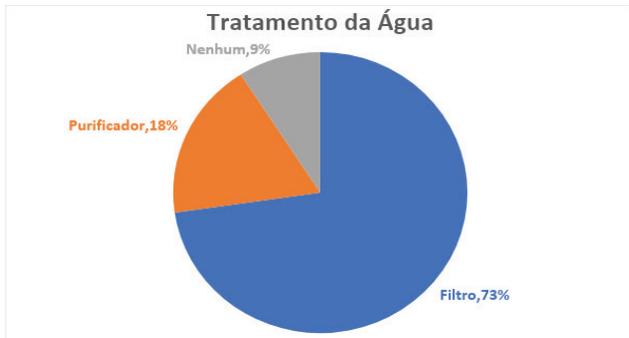


Gráfico 03: Fonte de Abastecimento de Água das famílias visitadas.  
Fonte: Autores

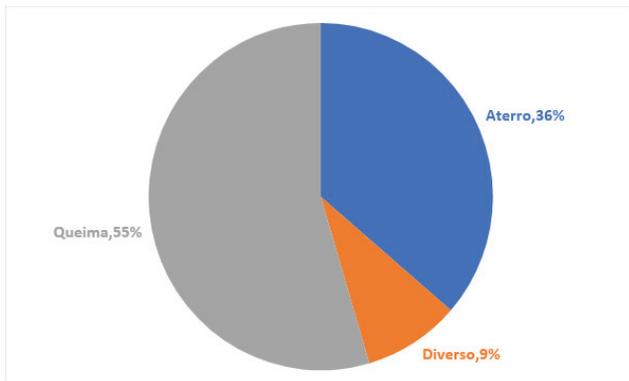
Não é exigido, por parte do agente financiador, ou mesmo pela Entidade Organizadora, uma solução específica para abastecimento de água, ficando a cargo do beneficiário decidir qual fonte será utilizada. Assim, viu-se que a maioria das famílias (55%) utiliza o poço raso como fonte de abastecimento de água. Neste caso, tanto a escavação quanto a manutenção dos poços são realizadas por profissionais contratados e custeados pelos próprios beneficiários.

Em 91% das residências visitadas a água utilizada para consumo humano passa por algum tipo de tratamento, sendo o mais comum o uso do filtro de barro, conforme apresentado no Gráfico 4. Em todos os domicílios visitados não houve nenhuma manifestação das famílias de ocorrência de agravos à saúde que pudessem ter origem de veiculação hídrica. Há uma percepção delas, portanto, de que a água tem boa qualidade. Entretanto, o cuidado com o manuseio da água de consumo, a limpeza da caixa d'água e o asseio doméstico são fundamentais para que tal condição seja verdadeira. Destaca-se que, na pesquisa não foi avaliado a qualidade da água.



**Gráfico 04:** Tratamento de Água para Consumo.  
**Fonte:** Autores

Em relação aos resíduos sólidos, o Gráfico 5 mostra as principais formas de descarte de resíduos secos das moradias, sendo a queima seguida da disposição em aterro as formas mais enunciadas.



**Gráfico 05:** Forma de Descarte de Resíduos Secos.  
**Fonte:** Autores

Destaca-se que algumas famílias levam seus resíduos secos até à cidade de Pontalina para serem coletados pelo sistema público de coleta de lixo. A categoria nomeada como diverso, representa uma família que vende os resíduos metálicos em Pontalina, queimam os papéis e plásticos como fonte de combustível de uma fornalha, e jogam em uma cisterna desativada os resíduos de vidro. O manejo adequado dos resíduos segue sendo um desafio constante no meio rural uma vez que, tanto a queima quanto o ato de enterrar, geram poluição ambiental.

Em relação aos resíduos orgânicos, a maior parte das famílias destina-os para alimentar os animais, tais como cães, galinhas e porcos, representando 91% dos entrevistados. Uma única família deixa o resíduo secar e queima-o juntamente com os resíduos secos.

A alternativa para resíduos do quintal, utilizada nesta comunidade, foi o biodigestor. Essa tecnologia utiliza o gás gerado pela fermentação da matéria orgânica como combustível, substituindo o gás de cozinha, e a matéria orgânica, que

não é decomposta pelo biodigestor, pode ser usada como fertilizante no cultivo de vegetais. A matéria prima utilizada nessa proposta foram as excretas de bovinos, em função de a comunidade se encontrar numa bacia leiteira.

Essa ação foi viabilizada por uma Organização Não Governamental (ONG), sem fins lucrativos. Ela atuou com o PNHR visando disseminar a tecnologia de biodigestores no Brasil. O biodigestor associado ao PNHR beneficiou 335 famílias em 23 municípios de seis estados brasileiros, sendo 50 em Goiás, das quais oito são de Pontalina. Das 11 moradias que foram visitadas, cinco foram beneficiadas com essa tecnologia e outra moradia, que também possui o biodigestor que, no entanto, não foi construída pelo PMCMVR. A Figura 7 mostra cinco dos biodigestores visitados.



**Figura 07:** Biodigestores nas moradias visitadas.  
**Fonte:** Autores \*Moradia vizinha à moradia 3.

Conforme relatado, essa tecnologia usa como matéria prima o esterco bovino disponível na região. Os beneficiários receberam capacitação para a construção e manutenção do biodigestor. Após a construção, o gás do biodigestor pode começar a ser consumido depois de 45 dias de funcionamento e, para manter a produção, é necessário abastecê-lo, diariamente, com uma mistura de cinco quilos de esterco bovino dissolvidos em 10 litros de água.

O uso de biodigestores no meio rural tem sido apontado como uma solução adequada e inovadora, como pode ser visto em Suarez-Hernandez (2018) e Rockenbach, Souza e Oliveira (2016) e, mesmo econômica como apontou Esperancini (2007) para o meio rural. Entretanto, chamou a atenção que seis biodigestores visitados estavam desativados. Os motivos para tal foram diversos: três apresentaram problemas posteriores e requeriam manutenção (parte plástica ressecou, tubulação estragada e excesso de gás rompeu a estrutura), dois nunca foram usados (sendo que um deles foi retirado) e o último, apesar da boa condição, teve o seu uso descontinuado. Segundo a

beneficiária, a quantidade de mosquitos aumentou muito com o funcionamento do equipamento e, portanto, ela decidiu parar de usá-lo.

O PMCMVR não oferece nenhuma solução para a drenagem pluvial e alguns dos beneficiários informaram que, assim que a obra foi concluída, a água das chuvas entrava por debaixo da porta ou escorria pelo beiral do telhado. Para solucionar esse problema alguns moradores construíram áreas externas após receberem o benefício do programa. Todo o investimento usado para a ampliação do imóvel partiu dos próprios moradores. Em uma moradia, a beneficiária está construindo uma espécie de barreira de garrafas PET à montante da casa para impedir que o escoamento superficial atinja a sua residência.

### 3.6. Atendimento de forma integrada aos quatro eixos do saneamento básico

A pesquisa em questão revelou que tanto o abastecimento de água, quanto o esgotamento sanitário são os aspectos do saneamento que recebem maior atenção no saneamento rural. Entretanto, muitas vezes tornam-se uma replicação direta das soluções urbanas para o meio rural, conforme tem alertado Sacho (2018) e Sacho, Miziara e Hora (2019). As práticas de disposição final adequada de resíduos sólidos e drenagem pluvial são secundarizadas. Isso fragiliza a alternativa de saneamento no PMCMVR em Pontalina uma vez que em nenhum dos casos visitados há uma solução que integre todos os eixos do saneamento básico.

No caso de Pontalina a solução para esgotamento sanitário padrão foi a fossa de bananeira, ambientalmente adequada e bem aceita pelos beneficiários do PMCMVR, mostrando uma experiência exitosa e um importante avanço nesta componente. Porém, na comunidade também foi executado biodigestores que utilizam dejetos de bovinos que geram o gás que pode ser utilizado como combustível para fogões. Tal iniciativa é muito interessante quando se pensa a salubridade do entorno imediato das moradias. Entretanto, a experiência em questão apresentou-se limitada por falhas técnicas, operacionais e de manutenção.

Sobre o abastecimento de água, o beneficiário do PMCMVR deve providenciar a fonte de abastecimento, sendo geralmente a perfuração de poço ou cisterna, um serviço que é terceirizado e pago pelo próprio beneficiário. Em alguns casos a água consumida é captada diretamente de manancial superficial, e o tratamento mais comum é a utilização do filtro de barro ou purificador. Embora Pérez-Vidal et al. (2016) ao estudarem tipos diferentes de filtros de barro, afirmando que os sistemas são

eficientes na remoção de turbidez (entre 98 e 99%) e E.coli (entre 4 e 5 log de redução), tal eficiência depende da limpeza e manutenção dos filtros.

Sobre os resíduos percebe-se que, assim como a realidade de muitas outras áreas brasileiras, na maioria das casas do PMCMVR não há tratamento e destinação adequados, sendo os resíduos queimados ou enterrados. Em 36% dos casos os resíduos eram armazenados e levados para a cidade onde são coletados pela prefeitura e direcionados ao lixão do município.

Pontalina faz parte do Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional Três Rios, entretanto o aterro sanitário ainda não foi construído, assim, só há uma transferência do problema do local onde é armazenado o resíduo. Existe, no município, um projeto de criação de uma cooperativa de reciclagem que ainda não se concretizou.

Outro aspecto a se destacar foi o desconhecimento da população sobre qual a disposição mais adequada dos resíduos, indicando a ausência de divulgação de informações e orientações locais pelos agentes de saúde, sanitaristas ou outro programa sob gestão do poder público ou parcerias.

A drenagem na zona rural geralmente não é uma grande preocupação devido a quantidade de área permeável no terreno, entretanto é importante considerá-la. De acordo com o relevo e com o tipo de solo na propriedade e da intensidade das chuvas, é possível surgir erosões que podem afetar culturas e até mesmo, em casos mais críticos, danificar as moradias. Dentre as casas visitadas em Pontalina não havia utilização de nenhuma solução para drenagem pluvial e a casa geralmente é construída próxima à antiga casa do beneficiário. Quando não existe, é construída na parte mais plana do terreno.

Assim, dos quatro componentes do saneamento, apenas o esgotamento sanitário tem uma solução efetivamente aplicada por meio do PMCMVR, visto que a tecnologia utilizada para o abastecimento de água fica a cargo do beneficiário. Ainda assim, a tecnologia ofertada pela Entidade Organizadora é padronizada para todas as residências construídas, não são realizados estudos específicos em cada localidade ou algum nível de adaptação da tecnologia para aquele meio específico que possam melhorar a qualidade do serviço ofertado.

Ademais, viu-se que a não observação da locação da obra em relação às águas pluviais levam a problemas futuros na própria qualidade do uso da moradia; assim como a inserção de uma tecnologia alternativa, como o biodigestor, sem considerar os aspectos de manutenção e salubridade local. As práticas de saneamento rural, quando

desconsideram o modo de vida dessa população e sua relação entre moradia – produção, levam à ocorrência de subutilização ou inadequação da tecnologia proposta.

#### 4. CONCLUSÃO

O Programa Minha Casa Minha Vida Rural é uma ação de política pública de grande envergadura desde 2009, buscando reduzir o déficit habitacional brasileiro na zona rural construindo e ampliando moradias. Embora de 2018 a 2020 o programa tenha sido desestabilizado e desarticulado nas esferas governamentais.

Um dos destaques do Programa é a possibilidade de maior diálogo com os beneficiários por meio das Entidades Organizadoras, o que potencializa o uso de tecnologias adequadas de saneamento. Entretanto, a ausência de uma assessoria técnica constante e a baixa capacidade de manutenção, ou integração das propostas tecnológicas com o modo de vida local, leva ao seu comprometimento.

Assim, além da disponibilização de recursos para aquisição de materiais para a construção propriamente dita (envoltória e acabamentos básicos), faz-se necessário assegurar qualidade nas propostas tecnológicas para a solução do saneamento rural. A visão reducionista, entendendo o atendimento às soluções de saneamento como aquisição de materiais (tubulações, conexões, equipamentos sanitários e caixas) não são suficientes para a garantia do emprego de uma solução adequada. Atentar-se ao não acúmulo de águas pluviais seja no telhado seja no piso, buscar melhor manejo de resíduos que hoje estão nos quintais, em fossas adequadas ou compostagem, ou mesmo as soluções, como o círculo de bananeiras, biodigestores ou mini poço, poderiam atribuir uma melhor qualidade paisagística, sanitária e arquitetônica ao projeto final. Isso pode levar às melhores condições físicas e emocionais de vida da população.

Ao final nota-se a constante assimetria em termos de atendimento às soluções tecnológicas do saneamento básico dentro do PMCMVR. Isto é observado nos próprios documentos do Programa, que não exigem soluções para os quatro eixos do saneamento: sua proposição se destina às componentes de água e esgoto doméstico, não prevendo estímulos ou apoio às Entidades Organizadoras para desenvolver estudos e soluções que visem resolver a problemática de resíduos e drenagem de águas pluviais.

Sobre a assessoria técnica, a Caixa acompanha a construção da casa durante as etapas construtivas, sendo padrão haver uma visita ao final de cada etapa. Entretanto, entende-se que seria importante um acompanhamento mais assíduo, visando não só evitar erros, mas orientar a

execução em si. Da forma como ocorre, trata-se de uma assessoria corretiva e não preventiva e institucional do Programa e não de resultado.

Com relação ao financiamento disponibilizado, todos os beneficiários afirmaram estarem muito satisfeitos com a moradia e a forma de financiamento, entretanto concordaram que a casa é pequena e por vezes não atende suas necessidades. A varanda, por exemplo, é o mais cobrado por todos. Outro cômodo que chama atenção é cozinha, sua dimensão e disposição, tipo cozinha americana, não abre possibilidade para a inserção de fogão a lenha, equipamento usual em casas rurais.

Sendo assim, diante da análise do financiamento disponibilizado, da existência de assessoria técnica, das tecnologias ofertadas e do atendimento de forma integrada aos quatro eixos do saneamento básico na área de estudo, verifica-se algumas falhas, conforme já apontado. Observa-se que, além de não atender aos quatro componentes do saneamento básico de forma integrada, muitas ações e iniciativas dependem do empreendedorismo e protagonismo dos beneficiários, das entidades organizadoras ou de outras organizações não governamentais que fazem a mediação entre a população rural e as políticas públicas. A fim de aperfeiçoar o PMCMVR, recomenda-se uma avaliação pós ocupação considerando as duas políticas setoriais de forma integrada. Alguns aspectos destacados para a avaliação são: integração das componentes de saneamento básico, abertura para personalização dos projetos arquitetônicos, melhoria na assessoria técnica, revisão da diretriz geral do programa visando articular aspectos da moradia – saneamento e produção. Ao considerar as especificidades e modo de vida da população rural, o Programa poderá cumprir sua função social abrangente ao garantir moradia, bem estar e qualidade de vida a pessoas do campo, cuidado com as águas e com as florestas.

Apesar da importância do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e a sua inovação ao atender o meio rural (PMCMVR), há de aperfeiçoá-lo para que sua efetividade traga bem estar aos beneficiários. Não obstante, o que se viu entre 2019 e 2020 foi a desmobilização do Programa e, cada vez mais, a limitação do diálogo do Governo eleito com os movimentos sociais e instituições de assessoria e religiosas que fazem a mediação com as populações do campo, das florestas e das águas.

Ademais, embora o Programa de Saneamento Rural tenha sido aprovado em dezembro de 2019, por meio da Portaria nº 3.174, de 2 dezembro de 2019 do Ministério da Saúde, cuja perspectiva seria atender 40 milhões de pessoas até 2038, não se viu uma ação expressiva que o

viabilizasse até o momento. Soma-se a isso o cenário de aprovação do novo marco legal de saneamento, a Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020 apontando um futuro de incertezas para o setor como um todo e para o saneamento rural em particular.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO GOIANA DE MUNICÍPIOS – AGM. **Municípios: Pontalina**. Disponível em: <[agm-go.org.br/portal](http://agm-go.org.br/portal)> Acesso em março de 2021.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, entre outras disposições. Brasília, 2007.

BRASIL. **Portaria MS nº 3.174, de 2 de dezembro de 2019**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Saneamento Rural e dá outras providências. Brasília, 2019.

BRASIL. **Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico, entre outras disposições. Brasília, 2020.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL - CAIXA. **Habitação minha casa minha vida: empreendimentos contratados 2014**. Disponível em: <[caixa.gov.br/Downloads/habitacao-minha-casa-minha-vida/Empreendimentos\\_Contratados\\_PJ\\_31122014.pdf](http://caixa.gov.br/Downloads/habitacao-minha-casa-minha-vida/Empreendimentos_Contratados_PJ_31122014.pdf)> Acesso em março de 2021.

COSTA, Cinthia Cabral da; GUILHOTO, Joaquim José Martins. **Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora**. Eng. Sanit. Ambient. v. 19, n. spe, p. 51-60. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000171>. Acesso em novembro de 2020.

ESPERANCINI, Maura S. T. et al. **Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo**. Eng. Agríc. v. 27, n. 1, p. 110-118. Jaboticabal, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000100004>. Acesso em novembro de 2020.

FEDERAÇÃO DOS TRABALHADORES RURAIS NA AGRICULTURA FAMILIAR DO ESTADO DE GOIÁS - FETAEG. **Projeto Arquitetônico componente dos documentos da PMCMVR submetidos pela Entidade Organizadora Local de Pontalina**. Pontalina, 2011.

HORA, K. E. R. **Habitação rural em Goiás: entre o direito à cidadania e a luta social por política pública**. In: FONSECA, Carolina (et. al) *Habitar o campo: experiências e reflexões*. Editora Trilhas Urbanas. p. 73-83. Goiânia, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf)> Acesso em março de 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2015 (PNAD)**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf)>. Acesso em março de 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Portal Cidades e Estados do Brasil**. Disponível em: <[cidades.ibge.gov.br/](http://cidades.ibge.gov.br/)> Acesso em março de 2021.

INSTITUTO MAURO BORGES – IMB. **Goiás em dados**. Goiânia, 2012. Disponível em: <[imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/goias-em-dados/godados2012.pdf](http://imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/goias-em-dados/godados2012.pdf)> Acesso em março 2021.

MAGALHAES, Kelly Alves et al. **A habitação como determinante social da saúde: percepções e condições de vida de famílias cadastradas no programa Bolsa Família**. Saúde soc. v. 22, n. 1, p. 57-72. São Paulo, 2013. Disponível em: <[doi.org/10.1590/S0104-12902013000100007](https://doi.org/10.1590/S0104-12902013000100007)> Acesso em novembro de 2020.

PONTALINA. **Lei nº 1450 de 30 de dezembro de 2014**. Institui o Código de Vigilância Sanitária Municipal e dá outras providências. Pontalina, 2014. Disponível em: <[leismunicipais.com.br](http://leismunicipais.com.br)> Acesso em março de 2021.

PONTALINA. **Lei nº 007 de 30 de dezembro de 2014**. Institui o Código Municipal do Meio Ambiente e dispõe sobre o Sistema Municipal de Meio Ambiente. Pontalina, 2014. Disponível em: <[leismunicipais.com.br](http://leismunicipais.com.br)> Acesso em março de 2021.

PONTALINA. **Lei nº 008 de 30 de dezembro de 2014**. Institui o novo Código de Posturas do Município de Pontalina, Estado de Goiás. Pontalina, 2014. Disponível em: <[leismunicipais.com.br](http://leismunicipais.com.br)> Acesso em março de 2021.

PONTALINA. **Lei nº 1.537 de 23 de junho de 2017**. Regulamenta o disposto no art. 102 da Lei Orgânica Municipal e dá outras providências. Pontalina, 2017. Disponível em: <[leismunicipais.com.br](http://leismunicipais.com.br)>. Acesso em março de 2021.

ROCKENBACH, Felipe Luis; SOUZA, Adriano Mendonça; OLIVEIRA, João Helvio Righi de. **Economic feasibility of biogas production in swine farms using time series analysis**. Cienc. Rural. v. 46, n. 7, p. 1295-1300. Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141848>. Acesso em

novembro de 2020.

RODRIGUES, V. de P. G.; HORA, K. E. R. **Tecnologias sociais em saneamento para habitações de interesse social rural em Vianópolis-Goiás**. In: FONSECA, Carolina (et. al) *Habitar o campo: experiências e reflexões*. Editora Trilhas Urbanas, p. 101-109. Goiânia, 2019. RODRIGUEZ-SANTOS, Josué et al. **Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa Oleifera**. In: *Rev. Lasallista Investig.* v. 15, n. 2, p. 118-130. Caldas, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22507/rli.v15n2a9>. Acesso em novembro de 2020.

SACHO, S. D. **Saneamento rural: o esgotamento sanitário no Programa Moradia Camponesa**. 132p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

SACHO, S. D.; MIZIARA, F.; HORA, K. E. R. **Saneamento rural no programa moradia camponesa**. In: FONSECA, Carolina (et. al) *Habitar o campo: experiências e reflexões*. Editora Trilhas Urbanas, p. 101-109. Goiânia, 2019.

SOTO-CORDOBA, Silvia M.; GAVIRIA-MONTOYA, Lilian; PINO-GOMEZ, Macario. **Cartago case study: waste water management in rural areas of Costa Rica**. *Ambient.* v. 22, e01562, São Paulo, 2019. Disponível em: [doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170156r2vu-201912ao](https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170156r2vu-201912ao)> Acesso em novembro de 2020.

SUAREZ-HERNANDEZ, Jesús et al. **Procesos de innovación en la producción local de alimentos y energía en municipios cubanos**. *Pastos y Forrajes*, v. 41, n. 4, p. 237-242. MATANZAS, 2018. Disponível em: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942018000400001&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000400001&lng=es&nrm=iso). Acesso em novembro de 2020.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6970-5592>

**LARISSA RAYMUNDO DA SILVA** | Universidade Federal de Goiás - UFG Endereço para correspondência: Rua 251, quadra D33, lote 18, S/N, ap. 201, Setor Leste Universitário. CEP: 74610-170 - Goiânia, GO - Brasil | e-mail: [larisout@gmail.com](mailto:larisout@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2242-2258>

**YAN MACHADO SOUSA** | Universidade Federal de Goiás - UFG | Endereço para correspondência: Avenida Universitária, Quadra 86, Lote Área 1488, Setor Leste Universitário. CEP: 74605-220, Goiânia, GO - Brasil | e-mail: [yan\\_doyathang@hotmail.com](mailto:yan_doyathang@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5200-990X>

**YASMIN LINO DIAS** | Universidade Federal de Goiás - UFG | Endereço: Rua Dona Santinha, 230. Residencial Portal das Serras, setor Negrão de Lima. CEP: 74650-090, Goiânia, GO - Brasil | e-mail: [yasmiinlino@gmail.com](mailto:yasmiinlino@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5414-9869>

**SARA DUARTE SACHO, M.Sc.** | Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB/UFG) | Endereço para correspondência: Rua do Contorno, quadra 17, lote 20, Jardim Ana Amélia. CEP: 75195-000, Bonfinópolis, GO - Brasil | e-mail: [sachosara@hotmail.com](mailto:sachosara@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4410-3728>

**KARLA EMMANUELA RIBEIRO HORA, Dra.** | Universidade Federal de Goiás | Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB/UFG) e Programa de Pós Graduação Projeto e Cidade da Universidade Federal de Goiás. | Endereço para correspondência: Rua R 20, Quadra 18, Lote 19, Itatiaia III. CEP: 74690-450, Goiânia, GO - Brasil | e-mail: [karla\\_hora@ufg.br](mailto:karla_hora@ufg.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

SILVA, Larissa Raymundo da; SOUZA, Yan Machado; DIAS, Yasmin Lino; SACHO, Sara Duarte; HORA, Karla Emmanuela Ribeiro. Dilemas Para O Uso De Soluções Alternativas De Saneamento Rural: Uma Avaliação A Partir Do Programa Minha Casa Minha Vida Rural Em Pontalina, Goiás. **MIX Sustentável, [S.I.], v. 7, n. 3, p. 53-64, ago. 2021**. 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.MIX2021.v7.n3.53-64>.

**DATA DE ENVIO:** 09/11/2020

**DATA DE ACEITE:** 05/05/2021



# SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PLACAS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA

*LIGHT STEEL FRAMING CONSTRUCTION SYSTEM: PERFORMANCE EVALUATION OF THE RE-CONSTITUTED WOODEN BOARDS*

**EDGAR VLADIMIRO MANTILLA CARRASCO, Dr. | UFMG**

**JANAÍNA COSTA REZENDE, M.Sc. | UFMG**

**FRANCISCO CARLOS RODRIGUES, Dr. | UFMG**

**JÚLIO CEZAR SILVA MARQUES | UFMG**

**JUDY NORKA RODO MANTILLA, Dr. | UFMG**

## RESUMO

Levando em conta as ações transversais do sistema construtivo Light Steel Framing (LSF), o desempenho estrutural depende do comportamento ao cisalhamento das chapas de fechamento das paredes, em função dos módulos de elasticidade e de deformação transversal, entre outros fatores. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o módulo de elasticidade nas direções longitudinal e transversal, das chapas de fechamento em compensado estrutural, por meio de ensaios à flexão estática em três pontos, nos quais foram seguidas as prescrições da NBR 9533 (ABNT, 2012), e compará-lo com resultados de pesquisas similares que usaram chapas Oriented Strand Board (OSB) no contraventamento do sistema LSF. Após análise dos resultados dos valores obtidos dos módulos de elasticidade em pesquisas que foram utilizadas chapas de OSB, e comparados com os resultados da presente pesquisa concluiu-se que é possível utilizar o compensado estrutural no sistema construtivo LSF destacando-se inclusive um desempenho superior.

**PALAVRAS CHAVE:** Light steel framing; Compensado estrutural; Oriented Strand Board; Módulo de elasticidade; Pannel de cisalhamento.

## ABSTRACT

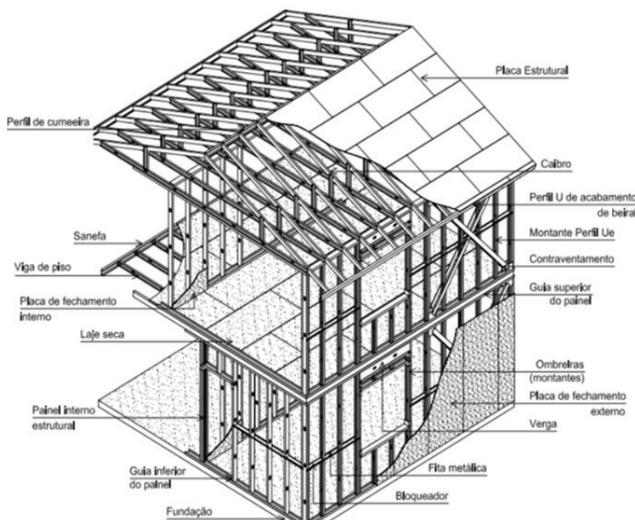
Taking into account the transversal actions of the Light Steel Framing (LSF) constructive system, the structural performance depends on the shearing behavior of Wall sheathing, depending on the elasticity and transversal deformation modules, among other factors. Thus, the objective of this work was to determine, from the structural plywood closing plates, the modulus of elasticity in the longitudinal and transverse directions, through three-point bending flexural static test, according the requirements of NBR 9533 (ABNT, 2012), and compare them with similar research results that used Oriented Strand Board (OSB) panels in bracing the LSF system. After analyzing the results of the modulus of elasticity found in those studies in which OSB plates were used, and compared with the results of the currently research, it was concluded that it is possible to use the structural plywood in the LSF construction system, highlighting even a superior performance.

**KEY WORDS:** Light steel framing; Structural plywood; Oriented Strand Board; Modulus of elasticity; Shear wall.



## 1. INTRODUCTION

Segundo Usefi, Sharafi e Ronagh (2019) o Light Steel Framing (LSF) é um sistema construtivo autoportante constituído por perfis leves de aço galvanizado formados a frio, permitindo que a construção seja feita de forma racional, com poucos resíduos de obra e de forma rápida, em comparação com os edifícios em concreto armado e alvenaria. Atualmente o sistema é comumente empregado em países onde a construção civil é predominantemente industrializada (MORTAZAVI et al., 2020). O Brasil ocupa o nono lugar no ranking mundial entre os dez maiores produtores de aço no mundo (GANDRA, 2019), no entanto as construções feitas em concreto armado ainda são predominantes, e o LSF ainda é pouco utilizado (CRASTO; FREITAS; SANTIAGO, 2012). Contudo, o uso do aço vem aumentando consideravelmente no país (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2020). Na Figura 1, apresenta-se o sistema composto por painéis estruturados com reticulados de perfis de aço galvanizado formados a frio, obtidos a partir de bobinas de aço Zincado de Alta Resistencia (ZAR), com revestimentos metálicos de espessuras mínimas de 150 g m<sup>-2</sup> (alumínio-zinco) e de 275 g m<sup>-2</sup> (zinco) com resistência ao escoamento de no mínimo 230 MPa. A estrutura é autoportante devido à forma alinhada dos perfis, dando origem ao termo in line framing (RODRIGUES; CALDAS, 2016).

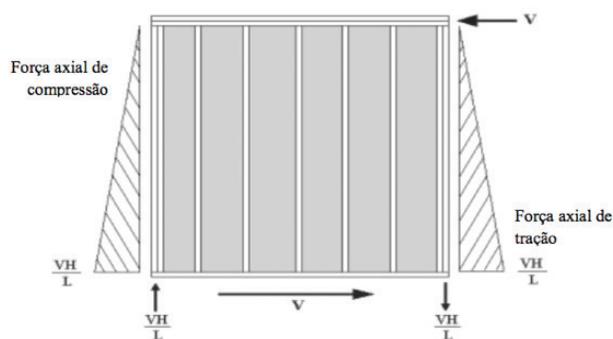


**Figura 1** - Desenho esquemático de uma residência em LSF  
**Fonte:** Crasto, Freitas e Santiago (2012).

Para garantir que o sistema resista também a esforços horizontais, é necessário que haja elementos de contraventamento em algumas paredes da edificação, o que pode ser feito com fitas de aço galvanizado, perfis de aço na forma de encaixes estampados e com placas de revestimento com função estrutural de diversos materiais

(RODRIGUES; CALDAS, 2016). Dessa forma, são denominadas de paredes de cisalhamento (shear walls) para resistir a esforços horizontais. Além do reticulado de perfis de aço do sistema LSF há outros elementos que o compõem, por exemplo, a fundação, os revestimentos com e sem função estrutural como placas de madeira (PEHLIVAN; BARAN; TOPKAYA, 2018), as placas cimentícias (ABUHAMD, 2019), as placas de aço corrugado e as de gesso acartonado (FENG et al., 2020), as instalações hidráulicas e elétricas bem como os isolamentos termoacústicos. Essas placas são denominadas de “placas de cisalhamento” e são responsáveis pela resistência de grande parcela dos esforços horizontais (HENRIQUES et al., 2017), sendo o conhecimento de suas propriedades mecânicas essencial para determinar o seu comportamento.

Para que o sistema LSF consiga resistir a esforços horizontais, é necessário que haja um contraventamento nas paredes estruturais, compostas de montantes distanciadas entre si de 400 ou 600 mm, com fitas de aço galvanizado, cuja forma mais comum é em formato de “X”. Quando esse formato não é adequado devido, por exemplo, a alguma abertura, pode-se utilizar o contraventamento em outros formatos, como em “K”, “ ” e “V” (RODRIGUES; CALDAS, 2016). O efeito diafragma é a capacidade que essas paredes têm de resistir a esforços horizontais (shear wall). A ligação das fitas de aço galvanizado dos montantes duplos e da ancoragem (hold down) do painel, é feita com parafusos do tipo HEX com cabeça sextavada na chapa de Gusset, de mesmo material. Dessa forma, é possível que esforços transmitidos pelo contraventamento sejam absorvidos pela fundação. Além disso, o ângulo entre a guia inferior e a fita de aço galvanizado deve estar compreendido entre 30° e 60° para que haja eficiência estrutural do painel diafragma (RODRIGUES; CALDAS, 2016). Algumas das placas de revestimento podem ser utilizadas no lugar das fitas de aço galvanizado para desempenhar com o reticulado de aço a função de diafragma rígido. Segundo as diretrizes para avaliação técnica de produtos prescritos pelo Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT), o contraventamento do sistema pode ser feito apenas com chapas de OSB em edifícios de até dois pavimentos, desde que as placas de OSB estrutural atendam aos requisitos de resistência estrutural propostos pela referida diretriz. Para que o painel exerça o efeito diafragma, como mostra a Figura 2, é preciso que ele esteja engastado na parte inferior e que seu deslocamento na parte superior esteja dentro dos limites preconizados nas normas brasileiras aplicáveis (BREDEL, 2003), dentre elas a NBR 14762 (ABNT, 2010).



**Figura 2** - Diagrama das forças do painel de cisalhamento  
**Fonte:** Bredel (2003).

O compensado é um painel de madeira, conhecido mundialmente por plywood, feito por colagem de lâminas sobrepostas, cujas fibras são dispostas perpendicularmente a cada lâmina, a fim de que possa garantir maior resistência mecânica e física, conforme a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2007). Atualmente, a madeira do gênero *Pinus* (*taeda* e *elliotti*) é uma das mais utilizadas na fabricação de laminados, compensados, aglomerados, MDF e placas de OSB (IWAKIRI et al., 2007). Melo (2013) explica que os painéis de compensado têm maior estabilidade dimensional em relação às placas de OSB, uma vez que estas têm maiores tensões internas ocasionadas durante a prensagem do material. Essas tensões são liberadas ao serem expostas a ambientes úmidos. Diferentemente, na fabricação de compensados, a pressão de colagem nas lâminas é menor, gerando assim menores tensões internas quando expostos à umidade. Elas são fabricadas conforme a NBR 9533 (ABNT, 2012), visando garantir a resistência do compensado estrutural à flexão estática, item importante a ser levado em consideração ao assegurar a estabilidade das estruturas em LSF e Wood Frame (GUARARAPES, fábrica, 2019). Pesquisas relacionadas às placas de compensado destacam que seu uso poderá ser uma alternativa de materiais como revestimentos, pois atualmente são mais utilizadas no país as placas de OSB e cimentícias no sistema LSF. Além disso, a utilização de tais placas contribuirá com a competitividade no mercado de placas de madeira para o sistema LSF.

Tian et al. (2004) realizaram uma análise da rigidez em 6 diferentes tipos de painéis do sistema LSF, sendo: o painel 1 sem contraventamento, o painel 2 composto por placa de OSB, o painel 3 constituída por placa cimentícia; o painel 4 com contraventamento tipo X em apenas um lado do painel, o painel 5 com contraventamento nos dois lados e o painel 6 provido de duplo contraventamento

nos dois lados do painel. Foi considerado para as placas de OSB o módulo de elasticidade nas direções longitudinal (EL) e transversal (ET), igual a 3500 MPa e 1400 MPa, respectivamente e, para a placa cimentícia igual a 5000 MPa. Os resultados mostraram que a placa de OSB e a cimentícia resistem aproximadamente ao mesmo esforço mesmo tendo módulos de elasticidade diferentes. Porém se observou que ocorreram nas placas fissuras próximas às ligações dos parafusos, sugerindo colapso devido ao espaçamento dos parafusos. Assim não foi possível concluir qual placa se comportou melhor.

Já Bevilaqua (2005) comparou, por meio de uma análise numérica, edifícios residenciais de quatro e sete pavimentos construídos pelo sistema LSF e por pórticos. Foram realizados ensaios numéricos em edifícios que apresentavam apenas a placa de OSB no contraventamento do sistema LSF, para isso foram considerados os mesmos valores para o EL e ET utilizados por Tian et al. (2004). Os resultados indicaram que as placas de OSB são capazes de contraventar edifícios de até sete pavimentos sem a necessidade de fitas metálicas, dessa forma, a construção no sistema LSF se torna mais ágil e menos oneroso.

Vieira Jr. et al. (2013) realizaram modelos de ensaios de compressão em paredes de cisalhamento com diferentes tipos de revestimentos. Os ensaios realizados mostram que as placas de OSB permitem maior capacidade de carga em relação aos modelos de parede com placas de gesso ou àqueles sem revestimento. Observou-se também que o revestimento aumenta em até 91% a resistência da parede de cisalhamento, quando comparado às paredes sem revestimento e às compostas por placas em OSB em ambos os lados. Os módulos EL das placas OSB e do gesso encontrados foram 6426 MPa e 993 MPa, respectivamente.

Cardoso, et al. (2016) realizaram uma análise estrutural computacional em um edifício em LSF de quatro andares composto apenas por placas de OSB no contraventamento do sistema, sem a utilização de fitas de aço galvanizado comumente usadas nas paredes de cisalhamento. O deslocamento do sistema foi analisado conforme a NBR 8800 (ABNT, 2008) e comprovaram que os deslocamentos, total e interpavimentos, atenderam a norma. Além disso, foi calculada a redução de aço no sistema quando se eliminaram as fitas de aço galvanizado e, dessa forma, foi possível economizar cerca de 2,5 % do aço total do sistema. Ainda, os dados utilizados para o cálculo de deslocamento da estrutura foram adotados de placas de OSB fabricadas fora do Brasil e não foram informados os valores dos módulos EL e ET utilizados na pesquisa.

Rosa (2018) estudou a contribuição das placas de OSB no contraventamento do sistema LSF, comparando paredes de cisalhamento constituídas de placas de OSB com paredes sem revestimento. Foram ensaiadas seis paredes em escala real, das quais duas constituídas com apenas a estrutura de aço sem contraventamento e quatro com placas de OSB no contraventamento do sistema. Também se realizaram ensaios para determinar o módulo EL das placas de OSB, o valor encontrado foi 1949 MPa para as placas de 12 mm de espessura. Os resultados mostram que as paredes com estruturas de aço sem contraventamento indicam um comportamento muito flexível, com baixa capacidade de suportar força e alta capacidade de sofrer deformação. Os espécimes com placas OSB apresentaram maior rigidez lateral e capacidade de força em relação à estrutura de aço sem contraventamento feito pelas placas de OSB. Dessa forma, se destaca a importância das placas de OSB nas paredes de cisalhamento no sistema LSF.

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o módulo de elasticidade nas direções longitudinal e transversal das chapas de fechamento em compensado estrutural, por meio de ensaios à flexão estática em três pontos e compará-lo com resultados de pesquisas similares que usaram chapas Oriented Strand Board (OSB) no contraventamento do sistema LSF.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção contém informações dos materiais, dos equipamentos e dos ensaios experimentais. Os ensaios foram realizados no Centro de Pesquisa Avançado da Madeira e Novos Materiais (CPAM), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

### 2.1 Materiais

As placas de compensado estrutural foram adquiridas de empresas madeireiras no município de Belo Horizonte – MG. A espécie de madeira utilizada na produção dos compensados foi a *Pinus elliotii* Engelm, da família Pinaceae. A espécie é originária do sudeste dos Estados Unidos e é também conhecida como Pinheiro da Flórida (ELESBÃO, 2011). No Brasil essa espécie é encontrada, conforme o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2020), nos Estados de Amapá, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Essa espécie tem como características cerne e alburno indistintos pela cor branco-amarelado apresenta brilho moderado, densidade baixa e é fácil de ser trabalhada.

### 2.2 Amostragem e corpos de prova (CPs)

A NBR 9488 (ABNT, 2011) prescreve extrair aleatoriamente no mínimo quatro chapas de compensado de um mesmo lote. Além disso, é recomendado retirar de cada chapa no mínimo cinco CPs, em cada direção (paralela e perpendicular à orientação das fibras que constituem as lâminas externas). Ainda segundo a norma os CPs precisam ser extraídos a uma distância não menor do que 50 mm das bordas da chapa, procurando distribuí-los aleatoriamente em toda a sua extensão. Assim foram confeccionados 40 CPs em chapas de compensado estrutural de 11,1 mm de espessura, para o ensaio de flexão, dos quais 20 CPs foram cortados na direção longitudinal e 20 CPs na direção transversal das chapas. O mesmo procedimento foi adotado para confeccionar 40 CPs nas chapas com espessura de 18,3 mm, isto é, 20 CPs na direção longitudinal e 20 CPs na direção transversal das chapas. As medidas dos CPs também foram determinadas seguindo as prescrições da NBR 9533 (ABNT, 2012). Esta norma especifica uma largura (L) do CP igual a 75 mm e um comprimento c dado pela equação 1.

$$c=25e + 50 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm} \quad (1)$$

Em que “e”, é a espessura do CP. Assim, para o compensado com espessura de 11,1 mm, o comprimento do CP foi de 327,5 mm e para o compensado de 18,3 mm, o comprimento do CP foi 507,5 mm.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 20 repetições por tratamento. As séries (tratamentos) de CPs foram nomeadas de acordo aos seguintes parâmetros: o posicionamento da placa de compensado na máquina de ensaio (FH, flexão com a maior superfície do CP na horizontal), a sua espessura nominal (11,1 mm e 18,3 mm), direção da extração do CP (L, na direção longitudinal das placas e T, na direção transversal das placas). A direção longitudinal é aquela paralela ao maior comprimento da chapa de compensado estrutural e a direção transversal é perpendicular a esta. Os números dos corpos de prova de cada série variam de 1 a 20 (CP1 a CP20). A Tabela 1 apresenta os tratamentos para os ensaios de flexão, o número de CPs e o número de CPs para determinação da densidade e umidade.

Série	Corpo de prova de flexão	Comprimento do CP (mm)	Largura do CP (mm)	Quantidade de CPs de densidade e umidade
FH 11,1 L	CP 1 a CP 20	327,5	75	7
FH 11,1 T	CP 1 a CP 20	327,5	75	7
FH 18,3 L	CP 1 a CP 20	507,5	75	7
FH 18,3 T	CP 1 a CP 20	507,5	75	7

**Tabela 1**– Séries (tratamento) avaliados e os corpos de prova de flexão, umidade e densidade  
**Fonte:** preparado pelos autores

### 2.3 Densidade aparente e umidade

As amostras para o ensaio de densidade aparente foram obtidas e ensaiadas de acordo com a NBR 9485 (ABNT, 2011). Para a mensuração das dimensões utilizou-se um paquímetro digital, sendo realizadas três repetições para cada aferição. A determinação da massa foi feita em uma balança digital com precisão de  $\pm 0,001$  g. A Equação 2 foi utilizada para calcular a densidade aparente de cada amostra e a seguir calculou-se a média e o desvio padrão para cada tratamento.

$$\rho_{ap} = m/(c.l.e) \quad (2)$$

Em que:  $\rho_{ap}$  é a densidade aparente ( $g\ cm^{-3}$ ), m a massa (g), c o comprimento da amostra (cm), l a largura da amostra (cm) e e a espessura da amostra (cm)

O ensaio para determinar a umidade foi realizado segundo as prescrições da NBR 9484 (ABNT 2011), pelo qual a massa inicial de cada amostra foi determinada em uma balança digital, com precisão de ( $\pm 0,001$  g). Em seguida cada amostra foi levada a uma estufa a temperatura de  $103\ ^\circ C \pm 2\ ^\circ C$ , onde foi mantida até que a massa aferida fosse constante e assim determinada a massa seca. A umidade de cada amostra foi determinada pela Equação 3.

$$U_{( \% )} = [(m_s - m_u)/m_s] \cdot 100 \quad (3)$$

onde: U (%) é a umidade (%),  $m_u$  a massa inicial (g) e  $m_s$  a massa seca (g).

### 2.4 Ensaio de flexão estática

Para os ensaios de flexão que visam determinar o módulo de elasticidade (E) e a tensão de ruptura ( $\sigma_{máx}$ ) na fibra tracionada, foram utilizadas as especificações da NBR 9533 (ABNT, 2012). De acordo com esta norma o vão do CP, para este ensaio, deve ser igual a 25 vezes a espessura da peça, assim, para os corpos de prova com espessura de 11,1 mm o vão foi de 277,5 mm e para espessura de 18,3 mm o vão foi de 457,5 mm. Para a realização desses ensaios, foram montados sobre a viga da máquina de ensaio dois apoios

paralelos, ajustáveis e alinháveis no plano horizontal, sendo que o comprimento dos apoios deveria exceder a largura do CP. Além disso, um cutelo para aplicação da força, com o mesmo comprimento e diâmetro dos apoios, foi posicionado de forma paralela e equidistante destes.

Os ensaios de flexão a três pontos foram realizados na máquina universal EMIC DL-30.000 com capacidade máxima de 300 kN. Para a determinação da força aplicada, foi conectada, no embolo do cilindro hidráulico da máquina, uma célula de carga marca Sensotec de capacidade de 30 kN e em ela conectado o cutelo de carregamento, conforme mostra a Figura 3. Para medir o deslocamento vertical da seção central do CP durante o ensaio, foi utilizado um transdutor de deslocamento (displacement transducer - DT) do tipo DT-100A, da marca Kyowa, com curso de 100 mm e precisão de 0,01 mm. Uma base magnética para prender o DT foi acoplada em uma chapa de aço fixada em um pilarete de aço externo à máquina de ensaio e a parte móvel do DT, responsável pela leitura do deslocamento, foi apoiada em outra chapa de aço presa no cutelo de carregamento.



**Figura 3** - Máquina universal de ensaios EMIC DL-30.000, sistema de aplicação de força durante a realização de um ensaio de flexão a três pontos  
**Fonte:** Autores, 2018.

Para o monitoramento do ensaio, foi utilizado um sistema de aquisição de dados (SAD) modelo Spider8600 Hz de fabricação da Hotting Baldwin Measurements (HBM) junto ao software Catman 4.5 Release 2 [Interactive]. O DT e a célula de carga foram conectados ao SAD, sendo possível, dessa maneira, monitorar e registrar os dados dos ensaios e, então, exportá-los para uma planilha eletrônica do Excel para o tratamento de dados. Para o controle da máquina universal de ensaios foi utilizado o software Tesc versão 4.03.

Durante os ensaios, os CPs foram posicionados na máquina conforme as prescrições da norma, sendo o plano de maior superfície do CP disposto horizontalmente e perpendicular aos aparelhos de apoio (Figura 3). A força foi aplicada por meio do cutelo, continuamente, a uma velocidade constante e calculada pela Equação 4. Assim, para os CPs de espessura nominal de 11,1 mm e vão de 277,5 mm, a velocidade utilizada durante os ensaios foi de 3,47 mm s<sup>-1</sup> e, para os CPs de 18,3 mm de espessura e vão de 457,5 mm, a velocidade utilizada foi de 5,72 mm/s<sup>-1</sup>.

$$V=(K.L^2)/(6.e) \quad (4)$$

Em que: V é a velocidade de carregamento (mm s<sup>-1</sup>), K é a taxa de deformação de fibra igual a 0,00005, L é a distância entre apoios (vão) em mm e, e, é a espessura do CP (mm).

Para calcular o módulo de elasticidade (E) dos CPs, foi utilizada a Equação 5.

$$E = [L^3.(F_2 - F_1)] / [4.l.e^3 (S_2 - S_1)] \quad (5)$$

Em que: E é o módulo de elasticidade (MPa), L é a distância entre os centros de apoios (vão) em mm, l é a largura do corpo de prova (mm), e é a espessura do corpo de prova (mm), F<sub>2</sub>-F<sub>1</sub> é o incremento de força no trecho reto da curva força versus deslocamento com exatidão de 1 % (N) e S<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> é o incremento de deflexão, no ponto central do vão, correspondente a F<sub>2</sub>-F<sub>1</sub> com exatidão de 0,01 mm.

Para calcular a tensão de ruptura à flexão estática, foi utilizada a Equação 6.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = (3.F_{m\acute{a}x}.L)/(2.l.e^2) \quad (6)$$

Sendo  $\sigma_{m\acute{a}x}$  a tensão de ruptura à flexão estática com exatidão de 0,5 MPa, F<sub>m<sup>á</sup>x</sub> a força de ruptura (N) e L, l, e, conforme definido anteriormente e expressas em mm.

A partir dos ensaios de flexão foram gerados os gráficos de força versus flecha e, então, calculadas as tensões máximas de ruptura à flexão estática ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ ) e módulos de elasticidade (E) de cada CP, no qual foram utilizadas as médias das

larguras e das espessuras medidas. Além disso, foram determinados os valores da variância (Var), do desvio padrão (DP) e do coeficiente de variação (Cv) dos ensaios realizados. De um modo geral, se obteve resultados homogêneos (baixa dispersão) para Cv ≤ 15 %, média dispersão para 15 % <Cv< 30 % e resultados heterogêneos (alta dispersão) para Cv ≥ 30 %.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Umidade (U) e Densidade aparente ( $\rho_{ap}$ )

De acordo com o ensaio de umidade, foi possível constatar que as amostras têm uma umidade de equilíbrio dentro do esperado para a cidade de Belo Horizonte, e variam de 12 a 14%, Tabela 2. Quanto à densidade aparente praticamente não existe variação da mesma entre espessura da chapa e a direção.

Série	Umidade (%)	Densidade (g.cm-3)
FH 11,1 L	12,89 ± 0,02	0,55 ± 0,02
FH 11,1 T	12,78 ± 0,03	0,54 ± 0,01
FH 18,3 L	12,98 ± 0,02	0,56 ± 0,02
FH 18,3 T	12,88 ± 0,03	0,55 ± 0,02

Tabela 2 – Resultados de umidade e densidade aparente  
 Fonte: preparado pelos autores

#### 3.2 Módulo de elasticidade (E) e tensão de ruptura ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ )

Após tratamento dos dados experimentais e avaliação adequada dos valores outliers de cada série, são apresentados os valores médios para o módulo de elasticidade (E), para a tensão de ruptura ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ ) e seus respectivos C<sub>v</sub>, na Tabela 3. Percebe-se, em uma análise inicial, que a espessura e a direção das lâminas influenciam os valores médios dos módulos de elasticidade (E); já para a tensão de ruptura ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ ), apenas a direção das lâminas, aparentemente, influencia seus valores médios. Pode-se confirmar, pelos C<sub>v</sub>, que os resultados tiveram média dispersão o que indica boa qualidade na obtenção dos resultados já que o material é bastante heterogêneo.

Série	Corpo de Prova	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (MPa)	C <sub>v</sub> (%)	E (MPa)	C <sub>v</sub> (%)
FH 11,1 L	CP 1 a CP 20	34,85	25,09%	3690,24	19,08%
FH 11,1 T	CP 1 a CP 20	22,47	35,97%	3026,81	10,95%
FH 18,3 L	CP 1 a CP 20	34,45	19,11%	3738,89	13,99%
FH 18,3 T	CP 1 a CP 20	25,11	20,16%	2717,64	16,96%

Tabela 3 – Valores médios do módulo de elasticidade (E) e da tensão de ruptura ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ ) e, seus respectivos C<sub>v</sub>  
 Fonte: preparado pelos autores

Na Figura 4, são apresentados os gráficos de distribuição de todos os valores de cada série e numa avaliação inicial pode-se afirmar que os valores dos módulos de elasticidade (E) das chapas de compensado de madeira na direção longitudinal, com espessuras de 11 mm e 18 mm, podem ser considerados iguais, já na direção transversal não são iguais. A análise para a tensão de ruptura ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ ) é similar.

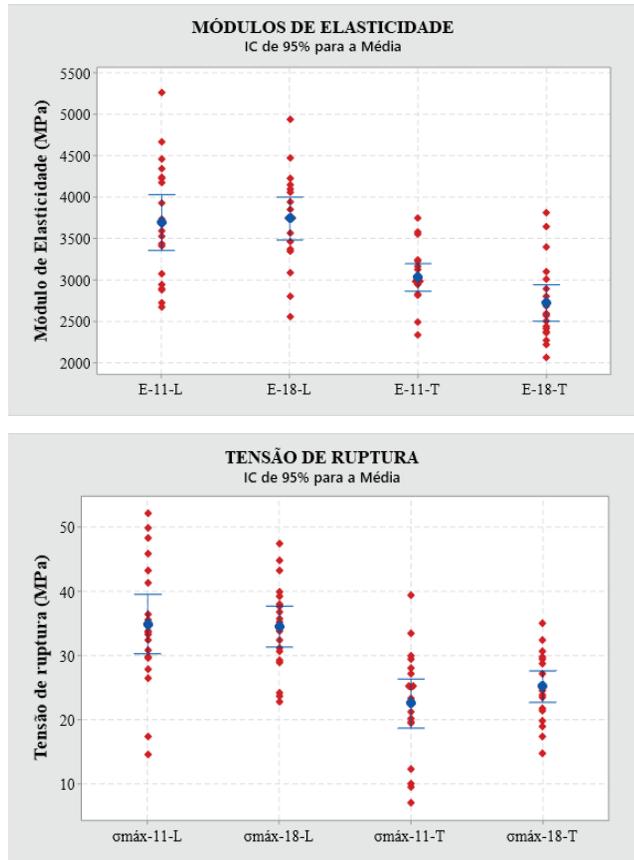


Figura 4 – Gráficos de distribuição de todos os valores de cada série  
 Fonte: Autores, 2018.

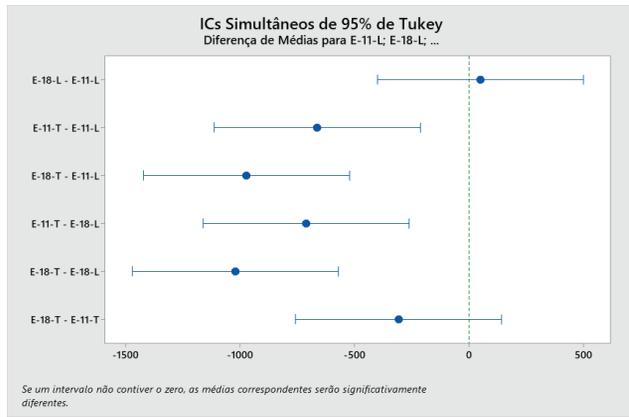
Para uma confirmação estatística, foi feita uma análise de variância (ANOVA) considerando a hipótese de que não exista diferença entre as médias das séries de valores. Constatando-se diferença entre as médias das séries de valores pela ANOVA, foi utilizado o teste Tukey, com 95% de confiança, para a comparação entre as médias das séries. Nas Tabelas 4 e 5 e na Figura 5, apresenta-se um resumo dessa análise. Pelos resultados das informações de agrupamento indicados na Tabela 4, pode-se afirmar com 95% de nível de confiança que o módulo de elasticidade (E) independe da espessura da chapa do compensado. Esta afirmação a princípio parece redundante, entretanto, como a quantidade de lâminas e direção das fibras varia com a espessura isto poderia influenciar no E. Por outro lado, a direção longitudinal ou transversal influencia no E. Assim, este material pode ser considerado como ortotrópico plano. Estas considerações são confirmadas pelos testes simultâneos para as diferenças de médias onde se observam os intervalos de confiança (IC) que contêm o zero e o p-value > 0,05. Os gráficos dos ICs simultâneos também confirmam essas afirmações.

Fator	N	Média	Agrupamento
FH 18,3 L (E-18-L)	20	3739	A
FH 11,1 L (E-11-L)	20	3690	A
FH 11,1 T (E-11-T)	20	3026	B
FH 18,3 T (E-18-T)	20	2718	B

Tabela 4 – Informações de agrupamento usando o teste Tukey com 95% de Confiança (Médias de E que não compartilham uma letra são significativamente diferentes)  
 Fonte: preparado pelos autores

Diferença de níveis	Diferença de médias	EP da Diferença	IC de 95%	Valor - T	Valor - P Ajustado
FH 18,3 L - FH 11,1 L (E-18-L - E-11-L)	49	171	(-401;499)	0,28	0,992
FH 11,1 T - FH 11,1 L (E-11-T - E-11-L)	-664	171	(-1114;-214)	-3,88	0,001
FH 18,3 T - FH 11,1 L (E-18-T - E-11-L)	-973	171	(-1423;-523)	-5,68	0,000
FH 11,1 T - FH 18,3 L (E-11-T - E-18-L)	-712	171	(-1162;-262)	-4,16	0,000
FH 18,3 T - FH 18,3 L (E-18-T - E-18-L)	-1021	171	(-1471;-571)	-5,97	0,000
FH 18,3 T - FH 11,1 T (E-18-T - E-11-T)	-309	171	(-759;141)	-1,81	0,279

Tabela 5 – Testes Simultâneos o teste Tukey para as Diferenças de Médias (Nível de Confiança individual = 98,97%)  
 Fonte: preparado pelos autores



**Figura 5** – Resumo da ANOVA para os módulos de elasticidade (E), teste Tukey  
**Fonte:** Autores, 2018.

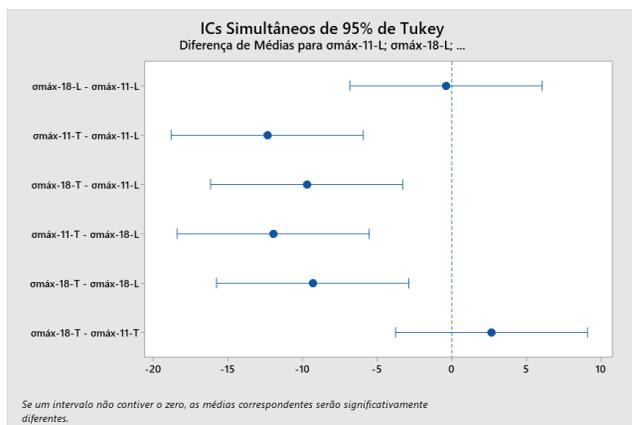
Para a tensão de ruptura ( $\sigma_{\max}$ ) também foi feita uma análise de variância (ANOVA) utilizando o teste de Tukey para a comparação das médias quando detectadas diferenças estatisticamente significativas entre as séries pela ANOVA. Nas Tabelas 6 e 7 e na Figura 6, encontram-se os resultados desta análise. As conclusões e afirmações são idênticas às feitas para os módulos de elasticidade (E).

Fator	N	Média	Agrupamento
FH 11,1 L ( $\sigma_{\max}$ -11-L)	20	34,85	A
FH 18,3 L ( $\sigma_{\max}$ -18-L)	20	34,45	A
FH 18,3 T ( $\sigma_{\max}$ -18-T)	20	25,11	B
FH 11,1 T ( $\sigma_{\max}$ -11-T)	20	22,47	B

**Tabela 6** – Informações de agrupamento usando o teste Tukey e 95% de Confiança (Médias de  $\sigma_{\max}$  que não compartilham uma letra são significativamente diferentes)  
**Fonte:** preparado pelos autores

Diferença de níveis	Diferença de médias	EP da Diferença	IC de 95%	Valor - T	Valor - P Ajustado
FH 18,3 L - FH 11,1 L ( $\sigma_{\max}$ -18-L - $\sigma_{\max}$ -11-L)	-0,40	2,45	(-6,83; 6,03)	-0,16	0,998
FH 11,1 T - FH 11,1 L ( $\sigma_{\max}$ -11-T - $\sigma_{\max}$ -11-L)	-12,38	2,45	(-18,81; -5,94)	-5,06	0,000
FH 18,3 T - FH 11,1 L ( $\sigma_{\max}$ -18-T - $\sigma_{\max}$ -11-L)	-9,74	2,45	(-16,17; -3,30)	-3,98	0,001
FH 11,1 T - FH 18,3 L ( $\sigma_{\max}$ -11-T - $\sigma_{\max}$ -18-L)	-11,98	2,45	(-18,41; 5,54)	-4,90	0,000
FH 18,3 T - FH 18,3 L ( $\sigma_{\max}$ -18-T - $\sigma_{\max}$ -18-L)	-9,33	2,45	(-15,77; -2,90)	-3,82	0,002
FH 18,3 T - FH 11,1 T ( $\sigma_{\max}$ -18-T - $\sigma_{\max}$ -11-T)	2,64	2,45	(-3,79; 9,07)	1,08	0,703

**Tabela 7** – Testes Simultâneos de Tukey para as Diferenças de Médias (Nível de Confiança individual = 98,97%)  
**Fonte:** preparado pelos autores



**Figura 6** – Resumo da ANOVA para a tensão de ruptura ( $\sigma_{\max}$ ), método de Tukey  
**Fonte:** Autores, 2018.

Os valores obtidos para o módulo de elasticidade (E) das chapas de compensado estrutural foram maiores em quase todos casos que aqueles das placas de OSB apresentados nos estudos de paredes de cisalhamento do

sistema LSF (referencial bibliográfico). Assim, pode-se concluir que é possível utilizar as chapas de compensado estrutural em paredes de cisalhamento do sistema LSF. Na Tabela 4, é apresentada uma síntese dos módulos de elasticidade (E) das chapas de OSB, dos pesquisadores que usaram estas chapas no sistema LSF, e os módulos de elasticidade (E) obtidos neste trabalho, para as chapas de 11,1 mm e 18,3 mm. Percebe-se que apenas o valor para o E, apresentados por Vieira Jr. et al. (2013), é maior que os valores encontrados neste trabalho, isso provavelmente se deve ao fato da placa de OSB utilizada ser de qualidade estrutural. Um outro fator importante é o nível de ortotropia da placa, quanto menor a razão entre o módulo de elasticidade (E) longitudinal e o módulo de elasticidade (E) transversal o nível de ortotropia também é menor. Assim o desempenho estrutural da chapa funcionando como fechamento das paredes ao cisalhamento será mais eficiente. A última coluna da Tabela 8, apresenta esta

razão, podendo-se observar que para o compensado estrutural esta razão é praticamente a metade do valor encontrado para o OSB. Assim, existe expectativa de que o funcionamento do compensado estrutural como placa de cisalhamento no sistema LSF seja mais eficiente.

Autor	Espessura (mm)	EL (MPa)	ET (MPa)	EL/ET (razão)
Tian et al. (2004) - (OSB)	Não informado	3500	1400	2,5
Bevilaqua (2005) - (OSB)	12	3500	1400	2,5
Vieira Jr. et al. (2013) (OSB)	11,1	6426	----	---
Rosa (2018) (OSB)	12	1949	----	---
Este estudo (Compensado)	11,1	3690	3026	1,22
Este estudo (Compensado)	18,3	3739	2718	1,38

**Tabela 8** - Valores dos módulos de elasticidade (E) dos autores apresentados neste estudo e os encontrados experimentalmente no trabalho  
**Fonte:** preparado pelos autores

#### 4. CONCLUSÕES

Os módulos de elasticidade (E) e a tensão de ruptura ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ ), tanto longitudinal como transversal, para as chapas e espessuras ensaiadas neste trabalho, não dependem da espessura da chapa de compensado, independentemente da quantidade de lâminas em cada direção.

A razão entre os módulos longitudinal e transversal do compensado é menor que a razão do OSB, o que indica ser menos ortotrópico, isto sugere um melhor desempenho do compensado quando utilizado como painel de cisalhamento.

Os módulos de elasticidade (E) das chapas de compensado estrutural sendo maiores que os das placas de OSB, permitem inferir que é possível utilizá-las no contraventamento dos painéis de cisalhamento do sistema LSF.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FAPEMIG pelo suporte financeiro neste projeto.

#### REFERÊNCIAS

ABU-HAMD, M. Experimental study on screw connections in cold-formed steel walls with cements heating. **Advances in Structural Engineering**, v. 22, n.9, p. 2033–2047, 2019.  
 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Compensado de Pinus – Catálogo Técnico nº 1**. Curitiba, 2007.  
 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR**

**8800**: Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762**: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9485**: Painéis de madeira compensada: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9484**: Painéis de madeira compensada: determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9488**: Amostragem de compensados para ensaio – requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9533**: Compensado: Determinação da resistência à flexão estática. 2a. ed. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

BEVILAQUA, R. **Estudo Comparativo do Desempenho Estrutural de Prédios Estruturados em Perfis Formados a Frio Segundo os Sistemas Aporticado e "Light Steel Framing"**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

BREDEL, D.H. JR. **Performance Capabilities of Light-Frame Shear Walls Sheathed with Long OSB Panels**. Dissertação (Master of Science in Civil Engineering) - Polytechnic Institute and State University, Virginia, Estados Unidos EUA, 2003.

BRASIL. Ministério das Cidades – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT (2016) -revisão 2. **Diretriz SINAT 003: Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo "Light Steel Framing")**. Brasília, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat. 2016..

CARDOSO, A.C.S.; RODRIGUES, F. C.; CALDAS, R. B. Estabilização de Sistemas Estruturais em Light Steel Frame com Painéis de Cisalhamento em OSB. In: **Anais: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais / CBECiMat**, Natal, 2016.

CRASTO, R.C.M; FREITAS, A.M.S.; SANTIAGO, A.K. **Steel Framing: Arquitetura**. 2a edição. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia - Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), 2012. 151p.

ELESBÃO, L. E. G. **Performance do Pinus Elliottii Engelm. E Pinus Taeda L. em Áreas Arenizadas e Degradadas no Oeste do Rio Grande do Sul**. Tese

(Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

FENG, R. Q.; CAI, Q.; MA, Y.; LIU, S.; YAN, G. R. Simulation study on shear resistance of new cold-formed-steel-framed shear walls sheathed with steel sheet and gypsum boards. **Advances in Structural Engineering**, v. 23, n. 9, p. 1800–1812, 2020.

GANDRA, A. **Produção de aço bruto chega a 34,7 milhões de toneladas em 2018**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-01/producao-de-aco-bruto-chega-347-milhoes-de-toneladas-em-2018>>. Acesso em: 20 out. 2019.

GUARARAPES. **Compensados Guaraply**. 2018. Disponível em: <<http://www.guararapes.com.br/compensados-guaraply/-certificacoes>>. Acesso em: 20 outubro 2020.

HENRIQUES, J.; ROSA, N.; GERVASIO, H.; SANTOS, P.; SILVAL, S. Structural performance of light steel framing panels using screw connections subjected to lateral loading. **Thin-Walled Structures**, v.121, p. 67–88, 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Informações sobre madeiras**: pinus-eliote. São Paulo: IPT, 2020. Disponível em: [https://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras3.php?madeira=7](https://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=7). Acesso em: 04 jun. 2020.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Anuário estatístico 2020**. Rio de Janeiro: Instituto aço Brasil, 2020. Disponível em: [https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2020/06/Anuario\\_Completo\\_2020.pdf](https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2020/06/Anuario_Completo_2020.pdf). Acesso em: 31 jan. 2021.

IWAKIRI, S.; KEINERT, S.; PRATA, J. G.; ROSSO, S. Produção de Painel Compensado Estrutural de Eucalyptus Grandis e Eucalyptus Dunnii. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 363-367, set/dez. 2007.

MELO, R. R. Estabilidade dimensional de compostos de madeira. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science). Pelotas, Rio Grande do Sul, v. 4, n. 2, p. 152-175, nov. 2013.

MORTAZAVI, M.; SHARAFI, P.; KILDASHTI, K.; SAMALI, B. Prefabricated hybrid steel wall panels for mid-rise construction in seismic regions. **Journal of Building Engineering**, v. 27, n. 1, 9 p., 2020, 100942.

PEHLIVAN, B. M.; BARAN, E.; TOPKAYA, C. Testing and analysis of different hold down devices for CFS construction. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 145, p. 97–115, 2018.

RODRIGUES, F.C.; CALDAS, R.B. **Steel Framing: Engenharia**. 2a edição revisada. Instituto Brasileiro de

Siderurgia - Centro Brasileiro da Construção em Aço, 224p. Rio de Janeiro, 2016.

ROSA, N. C. F. **Study of Structural and Thermal Performance of Light weight Steel Framing (LSF) Modular Construction**. Tese (PhD thesis in Steel and Composite Construction) - Faculty of Sciences and Technology University of Coimbra, Coimbra, 2018.

TIAN, Y. S.; WANG, J.; LU, T. J. Racking Strength and Stiffness of Cold-Formed Wall Frames. **Journal of Constructional Steel Research**. Cambridge, v. 60, p. 1069-1093, 2004.

USEFI, N.; SHARAFI, P.; RONAGH H. Numerical models for lateral behavior analysis of cold-formed steel framed walls: State of the art, evaluation and challenges. **Thin-Walled Structures**. v. 138, p. 252–285. 2019.

VIEIRA JR.L. C. M.; SCHAFER, B. W. Behavior and Design of Sheathed Cold-Formed Steel Stud Walls under Compression. **Journal of Structural Engineering**. Reston, v. 139, n. 5, p. 772-786, 2013.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7870-0283>

**EDGAR VLADIMIRO MANTILLA CARRASCO, Dr.** | Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Belo Horizonte, MG, Brasil | Correspondência para: R. Paraíba, 697 – Funcionários, Belo Horizonte – MG, 30130-140 | e-mail: [mantilla.carrasco@gmail.com](mailto:mantilla.carrasco@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4059-3974>

**JANAÍNA COSTA REZENDE, M.Sc.** | Universidade Federal de Minas Gerais, Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (PPG-ACPS), Belo Horizonte, MG, Brasil. | Correspondência para: R. Senhora das Mercês, 67, Apto: 701 - Bairro da Graça, Belo Horizonte - MG 31140-080. | e-mail: [janacrezende@gmail.com](mailto:janacrezende@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6746-5465>

**FRANCISCO CARLOS RODRIGUES, Dr.** | Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, Brasil | Correspondência para: Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901 | e-mail: [francisco@dees.ufmg.br](mailto:francisco@dees.ufmg.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7360-0232>

**JÚLIO CEZAR SILVA MARQUES** | Universidade Federal de Minas Gerais, Mestrando no Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (PPG-ACPS), Belo Horizonte, MG, Brasil | Correspondência para: R. Januário Martins, 40, Vespasiano - MG. 33200-148 | e-mail: [marquesjulio@yahoo.com.br](mailto:marquesjulio@yahoo.com.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7426-0970>

**JUDY NORKA RODO MANTILLA, Dr.** | Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, Brasil | Correspondência para: R. Ouro Preto, 1240/1201 – Santo Agostinho, Belo Horizonte – MG, 30170-048 | e-mail: [judynorka@gmail.com](mailto:judynorka@gmail.com)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

CARRASCO, Edgar Vladimiro Mantilla; REZENDE, Janaína Costa; RODRIGUES, Francisco Carlos; MARQUES, Júlio Cezar Silva; MANTILLA, Judy Norka Rodo. Sistema Construtivo Light Steel Framing: Avaliação Do Desempenho De Placas De Madeira Reconstituída. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 65-76, ago. 2021.** 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.MIX2021.v7.n3.65-76>.

**DATA DE ENVIO:** 12/11/2020

**DATA DE ACEITE:** 01/04/2021



# AS PESQUISAS CIENTÍFICAS DE DESIGN E BAMBU NO BRASIL: ÊNFASES E LACUNAS

*DESIGN AND BAMBOO SCIENTIFIC RESEARCH IN BRAZIL: EMPHASIS AND GAP*

**CONRADO RENAN DA SILVA, M.Sc. | UNESP**  
**MARCO ANTÔNIO DOS REIS PEREIRA, Dr. | UNESP**  
**TOMÁS QUEIROZ FERREIRA BARATA, Dr. | USP**

## RESUMO

O campo de atuação dos designers no contexto da sociedade contemporânea tem permitido que os designers experimentem novas técnicas, tecnologias de equipamentos e materiais. O objetivo deste trabalho foi investigar as abordagens do uso do bambu nas pesquisas científicas em nível de pós-graduação no Brasil. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática de literatura na área de Desenho Industrial, no catálogo de teses e dissertações da CAPES e consulta no Repositório Institucional da Unesp, partindo da seguinte indagação: como as pesquisas de design a nível de mestrado e doutorado têm abordado o design e bambu? Após a realização das buscas, foram selecionados 22 trabalhos no site da CAPES e 9 trabalhos no repositório institucional da UNESP. As lacunas identificadas, confirmam a hipótese dos autores, de que pesquisas de design e bambu embora emergentes são escassas nos programas de pós-graduação em design no Brasil e pesquisas utilizando a técnica *Kerf Bending* em específico com bambu são inexistentes.

**PALAVRAS CHAVE:** Design; RBS; Bambu; Kerf Bending; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

*The field of action of designers in the context of contemporary society has allowed designers to experiment with new techniques, equipment technologies and materials. The objective of this work was to investigate the approaches to the use of bamboo in postgraduate scientific research in Brazil. To this end, a systematic literature review was carried out in the Industrial Design area, in the CAPES catalog of theses and dissertations and consulted in the Unesp Institutional Repository, based on the following question: how have master and doctorate design researches approached what design and bamboo? After conducting the searches, 22 papers were selected from the CAPES website and 9 papers from the UNESP institutional repository. The identified gaps confirm the authors' hypothesis that although emerging design and bamboo research is scarce in postgraduate design programs in Brazil, and research using the Kerf Bending technique specifically with bamboo is non-existent.*

**KEY WORDS:** Design; RBS; Bamboo; Kerf Bending; Sustainability.



## 1. INTRODUÇÃO

O campo de atuação dos designers no contexto da sociedade contemporânea tem permitido que os designers experimentem novas técnicas, tecnologias de equipamentos e materiais. Sasaoka, Pereira e Santos (2019) dizem que o design é uma ferramenta fundamental para promover mudanças, sendo assim, torna-se ainda mais importante, pois perpassa as funções de desenhar e projetar e apoia-se à sensibilidade humana para a construção de valores e significados. Neste sentido, questões sociais, políticas, econômicas, ambientais e muitas outras estão sendo discutidas entre os designers, que terão que lidar cada vez mais com problemas complexos (CARDOSO, 2013).

A experimentação dessas novas tecnologias de equipamentos e materiais, tem sido uma alternativa neste novo cenário, onde o ciclo do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) tem diminuído e conseqüentemente a redução de custos, materiais e energia. Este cenário, compreende o uso do Bambu no design, que é um material sustentável, de fácil manejo, que protege o solo, contribui com a redução de CO<sup>2</sup> e promove a interação entre comunidades (PEREIRA e BERALDO, 2016).

Perez, Moura e Martins (2019) discorrem sobre a expansão das discussões do campo do design para a sustentabilidade, as preocupações de um designer não são mais apenas no desenvolvimento de produtos que causem menos impactos ambientais, mas sim de como os designers podem pensar em design para inovação social e sistêmica. E segundo Sasaoka, Pereira e Santos (2019) o bambu contribui para esta reflexão e prática, que embora não seja muito valorizado no Brasil, em países Asiáticos a cultura do bambu promove um importante papel social e econômico há centenas de anos, sendo estimado cerca de 4 mil usos nas mais diversas áreas como construção, agricultura, artesanato, cultura, artes, dentre outros (HSUING, 1988 apud PEREIRA e BERALDO, 2016, p.199).

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo investigar as abordagens do uso do bambu nas pesquisas científicas em nível de pós-graduação em Design no Brasil. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática de literatura na área de Desenho Industrial, no catálogo de

teses e dissertações da CAPES e consulta no Repositório Institucional da UNESP, partindo da seguinte indagação: como as pesquisas de design a nível de mestrado e doutorado têm abordado o design e bambu? Após a realização das buscas, foram selecionados 22 trabalhos no site da CAPES e 9 trabalhos no repositório institucional da Unesp. As lacunas identificadas, confirmam a hipótese dos autores, de que pesquisas de design e bambu embora emergentes são escassas nos programas de pós-graduação em design no Brasil e pesquisas utilizando a técnica *Kerf Bending* em específico com bambu são inexistentes.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica para o desenvolvimento deste artigo, abordou um breve histórico da pós-graduação em design no Brasil, uma conceituação a respeito do Design e o Bambu e por fim, uma pesquisa sobre a técnica *Kerf bending* termo que foi aplicado na RBS apresentada no tópico de metodologia deste trabalho.

### 2.1. A pós-graduação em design no Brasil

As práticas de ensino do Design a nível de graduação no Brasil ocorreram efetivamente a partir de 1963 com a fundação da Escola Superior de Desenho Industrial (ESDI) com forte influência da Escola de HfG-Ulm da Alemanha (TRISKA, VELA e DOLZAN, 2014; CARVALHO, 2015, p. 45). E somente trinta e um anos depois, em 1994, também no Rio de Janeiro, na Pontifícia Universidade Católica (PUC-RIO), iniciou o primeiro programa de pós-graduação stricto sensu em Design. Este programa, incentivou muitas outras Instituições de Ensino Superior (IES) a organizarem propostas de novos cursos (TRISKA, VELA e DOLZAN, 2014).

Atualmente existem 25 programas e 37 cursos de pós-graduação avaliados e reconhecidos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), nas seguintes categorias: ME – Mestrado Acadêmico; DO – Doutorado Acadêmico; MP-Mestrado Profissional; DP-Doutorado Profissional; ME/DO-Mestrado e Doutorado Acadêmico e MP/DP-Mestrado e Doutorado Profissional, conforme demonstrado na figura 1.

Totais de Programas de pós-graduação								Totais de Cursos de pós-graduação				
Desenho Industrial	Total	ME	DO	MP	DP	ME/DO	MP/DP	Total	ME	DO	MP	DP
Totais	25	5	0	8	0	12	0	37	17	12	8	0

**Figura 1:** Cursos avaliados e reconhecidos pela CAPES  
**Fonte:** Plataforma Sucupira (2019)

O Design, enquanto área do conhecimento científico, embora possua uma história considerável no desenvolvimento social, político e econômico do país (CARVALHO, 2015; CARDOSO, 2013), se comparado com outras áreas do conhecimento de exatas e/ou biológicas como medicina, física, dentre outras, no âmbito da pós-graduação *stricto sensu*, é considerada uma área de pesquisa recente, tendo em vista que em 2019 a pós-graduação em design no Brasil completou vinte e cinco anos.

Desta forma, o design tem se tornado uma área abrangente e complexa, as pesquisas em design nos últimos anos têm sido crescentes devido ao aumento de programas de pós-graduação e a disseminação de eventos científicos da área que promovem discussões e incentivam a publicação de pesquisas que favorecem ainda mais o campo.

A distribuição desses programas em termos regionais atualmente atinge as cinco regiões do Brasil (figura 2) contando com: 1 programa na Região Norte (UFAM: MP); 7 programas na Região Nordeste (CESAR-PE: MP; CESAR-AM: MP; UFCG: ME; UFPE: MP e ME/DO; UFMA: ME; UFRN: MP); 1 programa na Região Centro-Oeste (UNB: ME); 8 programas na Região Sul (UFRGS: ME/DO; UFPR: ME/DO; UFSC: ME/DO; UNISINOS: ME/DO; UDESC: MP e ME/DO; UNIVILLE: MP; UNIRITTER: ME); 8 programas na região Sudeste (PUC-RIO: ME/DO; UAM: ME/DO; UNIFATEA: MP; USP: ME/DO; UEMG: ME/DO; UERJ: ME/DO; UNESP-BAURU: ME/DO; UFRJ: ME).

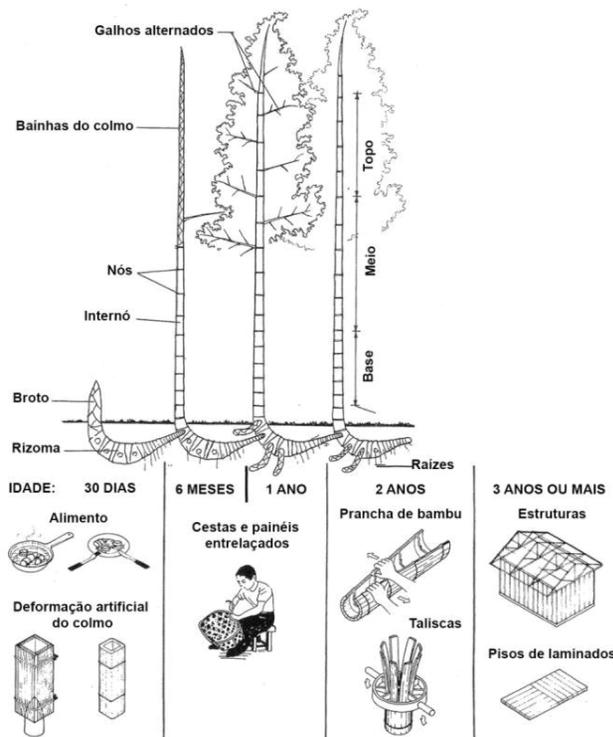
Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sul	Sudeste
1	7	1	8	8

**Figura 2:** Distribuição dos PPG's em Design por Regiões do Brasil  
**Fonte:** Os autores (2019)

## 2.2. Design e bambu

As pesquisas em design e bambu podem contribuir para o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis. Pertencente a família das gramíneas, o bambu sempre esteve presente no cotidiano do ser humano por anos, encontrado principalmente nas regiões tropicais e subtropicais do planeta muito utilizado em países orientais, com destaque para a China, que além da sua utilização em plantações e desenvolvimento de produtos in natura, o uso do bambu processado ou industrializado também é muito utilizado (PEREIRA e BERALDO, 2016). Segundo Ramos (2014) teoricamente, qualquer produto que é feito em madeira pode ser produzido com o bambu processado, como aglomerado, compensado, *Medium Density Fiber (MDF)*, *Oriented Strand Board (OSB)*, compósitos de bambu e outros materiais, *Strand Woven Bamboo (SWB)* e

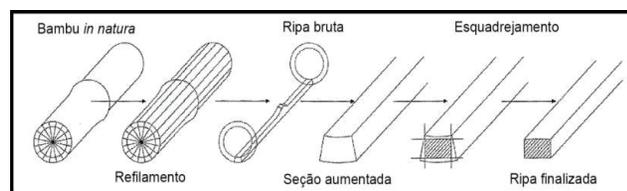
o Bambu Laminado Colado (BLaC). A figura 3 demonstra os mais diversos usos dos colmos de bambu por idade.



**Figura 3:** Diferentes usos do bambu por idade  
**Fonte:** Adaptado de Hidalgo-López (2003)

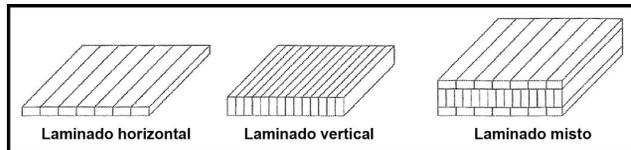
Rivero (2003) afirma que a escassez dos recursos naturais e o desenvolvimento de novas tecnologias vem incentivando pesquisas com materiais alternativos. O bambu tem sido considerado como um dos materiais disponíveis mais sustentáveis, sendo uma das maiores fontes renováveis de biomassa, proposto para substituir a madeira e com potencial para integrar os pilares da sustentabilidade (RAMOS, 2014; REUBENS, 2010).

Dentre os mais diversos tipos de processamento do bambu, este trabalho enfatiza o uso do Bambu Laminado Colado (BLaC) que além de possuir uma boa estética, apresenta características físico-mecânicas excelentes, que pode ser produzido em pequena escala ou em escala industrial, com essa técnica é possível obter ripas de bambu extremamente finas conforme demonstrado na figura 4.



**Figura 4:** Etapas do processamento do bambu  
**Fonte:** Adaptado de Xiao, Inoue e Paudel (2008)

Os laminados de bambu são produzidos com ripas secas e tratadas, que são aplainadas dos quatro lados para se obter uma uniformidade na peça, feito isso, as ripas são agrupadas e cobertas de adesivo que podem ser de origem vegetal ou adesivos comuns utilizados para madeiras. Os laminados podem ser dispostos em camadas horizontais, verticais ou mistas, conforme demonstrado na figura 5.



**Figura 5:** Tipos de colagem plana de BLaC  
**Fonte:** Adaptado de Xiao, Inoue e Paudel (2008)

Dispostos as ripas já com o adesivo, é então prensado até a cura do adesivo que pode ser a frio ou a quente (RAMOS, 2014). Dos diversos tipos do bambu processado, o BLaC é o que apresenta maior potencial físico-mecânico, sua densidade é “duas vezes mais elevada do que a do bambu *in natura*, e sua resistência aumenta quase 1,5 vezes. E a força de compressão paralela das fibras é de 50% a 60%, superior às madeiras de lei comerciais (XIAO; INOUE e PAUDEL, 2008 apud RAMOS, 2014)”.

No Brasil, o bambu ainda é pouco utilizado comercialmente ou em pesquisas e estudos, sendo importante considerar que há um desconhecimento das espécies e possibilidades de uso e manejo, de suas características e aplicações. Outro entrave que impede a disseminação da utilização de bambu em larga escala, ocorre pela ausência de fornecedores que atenda às demandas de mercado (PEREIRA e BERBALDO, 2016).

### 2.3. *Kerf Bending*: técnica de flexão de madeira

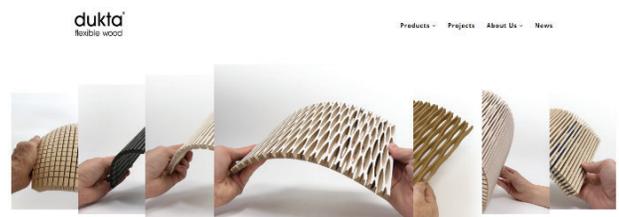
A técnica de flexão da madeira (*Kerf bending*) consiste na realização de uma série de cortes padronizados que permitem a flexão de um material plano. O tipo de madeira escolhida, a espessura, os desenhos dos cortes e a distância entre eles determinam o quanto esse material irá flexionar. Esta técnica que há alguns anos era adotada comumente em marcenarias quando desejava-se obter algum tipo de curvatura em madeiras, tem expandido o seu uso para Laboratórios de Fabricação Digital (FabLab's), *Makerspaces*, faculdades, universidades, instituições públicas e privadas e hobbistas que como o avanço tecnológico, novos equipamentos têm sido capazes de executar esses cortes de modo ainda mais rápido e preciso.

As tecnologias de fabricação digital, que tem garantido seu espaço nesta nova era industrial denominada “Indústria

4.0”, tem mudado os modos de se produzir e fabricar novos produtos (EYCHENNE e NEVES, 2013). Equipamentos como *Router Computer Numerical Control* (CNC) e *Laser cutting* (Corte a laser) podem ser utilizados para a execução desta técnica de modo preciso. Embora não possua uma nomenclatura específica no Brasil, pode ser encontrada na língua inglesa em termos como: *Kerf bending* ou *Living hinges* que traduzida seria como “dobradiças vivas”.

Os movimentos do *Open Design*, *Do It Yourself* (DIY- Faça você mesmo) e Cultura Maker têm sido grandes responsáveis pela disseminação do uso desta e de muitas outras técnicas, equipamentos e tecnologias para o desenvolvimento de produtos e serviços através da experimentação (GERSHENFELD, 2012; EYCHENNE e NEVES, 2013), inclusive algumas empresas como Redbull, Leroy Merlin, Raizen e o setor público como o FabLab Livre SP e muitas outras iniciativas, estão incentivando, testando e solucionando problemas atuais da sociedade seja através de produtos e/ou serviços com o uso dessas ferramentas.

Exemplos como esses também tem acontecido no exterior, a empresa Dukta Flexible Wood (Zurique), é considerada pioneira em pesquisas e comercialização de madeiras flexíveis com diversos padrões de corte em seu catálogo de produtos (figura 6).



**Figura 6:** Flexible wood.  
**Fonte:** <https://dukta.com/en/>

Um outro exemplo de aplicação desta técnica para o desenvolvimento de produtos é o da designer Carolien Laro que desenvolveu uma série de bancos utilizando a técnica do *kerf bending* através do corte realizado em fresa CNC, a peça possui 480 cortes que tornam a solução flexível (figura 7).



**Figura 7:** Springwood  
**Fonte:** <https://www.larodesign.nl/>

Para citar o uso desta técnica no âmbito acadêmico, apresenta-se um dos projetos vencedores do 1º Prêmio de Design Instituto Tomie Ohtake Leroy Merlin que ocorreu no início de 2019 das alunas e designers Ana Cristina Cabral Wasen e Heloísa Seratiuk Flores do curso de Design de Produto da Universidade Federal do Paraná (UFPR) que foi premiado com um curso na University of the Arts em Londres com o Projeto “Tesse – Capa Protética” como demonstrado na figura 8.



**Figura 8:** Tesse – Capa Protética.

**Fonte:** <http://premiodesign.institutotomieohtake.org.br/premios/1-premio-de-design-instituto-tomie-ohtake-leroy-merlin/>

O uso das tecnologias de fabricação digital tem permitido que designers explorem novas técnicas e materiais para encontrar soluções inovadoras para problemas complexos. E o design é uma área que foi e está sendo fortemente influenciada por esse novo momento tecnológico exigindo que cada vez mais se adapte a esse novo contexto (BARATA; ALENCAR, 2012, p. 182).

### 3. METODOLOGIA

Com o intuito de entender o atual cenário das pesquisas científicas de Design e Bambu, foi realizado uma busca no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e no Repositório Institucional da Unesp seguindo os princípios de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) que de acordo com Dresh, Lacerda e Antunes Júnior (2015) e Conforto, Amaral e Silva (2011), por ser um método de pesquisa explícito e planejado apresenta um maior rigor científico e reduz o viés do pesquisador. Para sua

realização foi utilizado o roteiro de Conforto, Amaral e Silva (2011) conforme demonstrado no Quadro 1:

Base de dados	Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES
<b>Palavras-chave</b>	Busca 1: <i>Kerf bending</i> ; Busca 2: <i>Kerf bending AND Bambu</i> ; Busca 3: Bambu;
<b>Data da busca</b>	05/11/2019
<b>Filtro 1</b>	Área do conhecimento: Desenho Industrial
<b>Crítérios de inclusão</b>	Período de publicação: últimos dez anos (entre 2010 e 2019) Teses e dissertações na área de Desenho Industrial Temática: o uso da técnica <i>Kerf bending</i> e o uso do Bambu
<b>Crítérios de exclusão</b>	Não se enquadrar na temática de <i>Kerf bending</i>
<b>Filtro 2:</b>	Análise de título e resumo verificar se fala sobre o uso da técnica de <i>Kerf Bending</i>
<b>Crítérios de qualificação</b>	Abordar o uso da técnica de <i>Kerf bending</i> Matéria prima: madeira ou bambu

**Quadro 1:** Procedimentos metodológicos da Revisão Bibliográfica Sistemática

**Fonte:** Os autores (2019)

Para a análise e comparação dos trabalhos, foram criados planilhas e fichamentos, nos quais foram registradas as principais informações das teses e dissertações como: título, resumo, introdução, método, resultados, observações e principais referências. A seguir, são apresentados os resultados das buscas e da análise por meio da RBS.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Cenário da pesquisa científica de Design e Bambú no Brasil

Através das primeiras buscas realizadas no catálogo de teses e dissertações da CAPES, foi possível constatar que embora a pesquisa inicial (busca 1) tenha encontrado muitos resultados (n=1242), ao aplicar o Filtro 1, apenas 4 dissertações de mestrado se relacionavam com bambu e nenhuma com a temática de *Kerf Bending* conforme demonstrado na tabela 1.

<b>Busca 1:</b> Kerf bending	1242 resultados entre Teses e Dissertações
<b>Filtro 1:</b> 4 resultados	
2014 - Bruno Perazzelli Farias Ramos (mestrado)	Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (blac) para fabricação de mobiliário – diretrizes para o design
2015 - Karoline de Lourdes Monteiro Guimaraes (mestrado)	Análise da adição de resíduos de ossos bovinos e rochas ornamentais em massa cerâmica branca para a utilização em processos de conformação

2018 - Andre Luiz de Paulo Carolino (mestrado profissional)	Análise do comportamento mecânico em diferentes composições de resíduos sólidos de construção civil e demolição na produção de produtos sustentáveis baseado na metodologia de ashby
2018 - Rodrigo Rocha Carneiro (mestrado)	Bambu laminado termo-tratado: metodologias aplicáveis na obtenção de novas tonalidades para o desenvolvimento de móveis sustentáveis
<b>Filtro 2: 0 resultados</b>	

**Tabela 1:** Resultados da busca Kerf Bending  
**Fonte:** Os autores (2019)

Ao utilizar os termos da busca 2, os resultados gerais entre dissertações e teses reduziram bastante (n=18), e ao aplicar o filtro 1, foram encontradas apenas 2 dissertações de mestrado, que foram as mesmas encontradas nos resultados da busca 1, conforme demonstrado na tabela 2.

<b>Busca 2: Kerf bending AND Bambú</b>	<b>18 resultados entre Teses e Dissertações</b>
<b>Filtro 1: 2 resultados</b>	
2014 - Bruno Perazzelli Farias Ramos (mestrado)	Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (blac) para fabricação de mobiliário – diretrizes para o design
2018 - Rodrigo Rocha Carneiro (mestrado)	Bambu laminado termo-tratado: metodologias aplicáveis na obtenção de novas tonalidades para o desenvolvimento de móveis sustentáveis
<b>Filtro 2: 0 resultados</b>	

**Tabela 2:** Resultados da busca Kerf Bending AND Bambú  
**Fonte:** Os autores (2019)

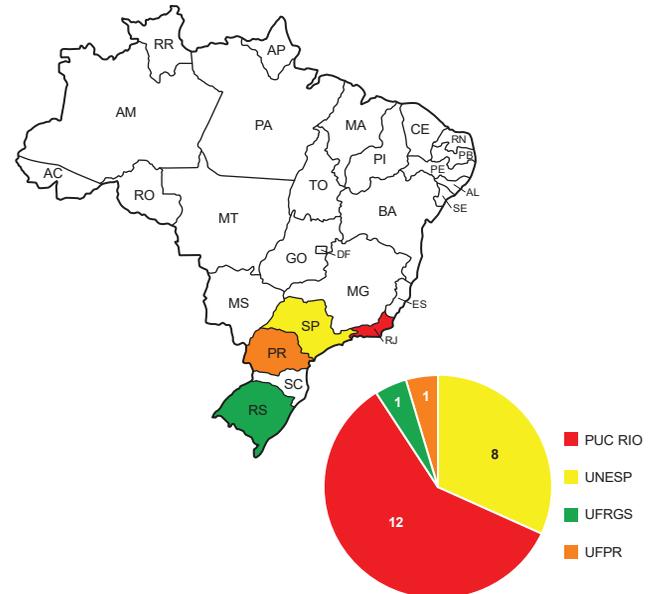
Foi realizada uma nova busca no catálogo de teses e dissertações da CAPES com a palavra-chave “Bambu” conforme demonstrado na tabela 3. Observa-se que embora tenha tido uma grande quantidade de publicações através desta busca (n= 589), quando foram aplicados os filtros 1 (n=22) e 2 (n=0) os resultados reduziram drasticamente.

<b>Busca 3: Bambú</b>	<b>589 resultados entre Teses e Dissertações</b>
<b>Filtro 1: 22 resultados / Período: 2010 à 2019</b>	
<b>Filtro 2: 0 resultados</b>	

**Tabela 3:** Resultados da busca Bambú  
**Fonte:** Os autores (2019)

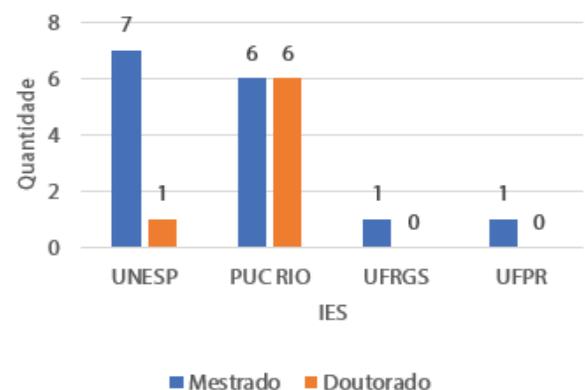
Embora o filtro 2 tenha tido um resultado zero, através dessa busca, foi possível identificar quais IES tem realizado pesquisas na pós-graduação com a temática do bambu e foi possível constatar que pesquisas de design

e bambu são escassas nos programas de pós-graduação do Brasil, pois no decorrer de 10 anos apenas quatro IES apresentaram publicações o que representa apenas 16% do número total de programas de pós-graduação em design existentes no país (figura 9).



**Figura 9:** Distribuição das pesquisas por estados e relação das pesquisas com bambu por IES  
**Fonte:** Os autores (2019)

Com relação às IES, destacou-se a PUC -RIO com 54,54% das publicações (n=12) sendo 27,27% de mestrado (n=6) e 27,27% de doutorado (n=6) e a FAAC-UNESP de Bauru com 36,36% publicações (n=8) sendo 31,81% de mestrado (n=7) e apenas 4,54% de doutorado (n=1). As instituições de ensino UFRGS e UFPR tiveram 4,54% das publicações (n=1) para cada até o presente momento conforme demonstrado na figura 10.



**Figura 10:** Relação das pesquisas com bambu a nível de mestrado e doutorado por IES  
**Fonte:** Os autores (2019)

Com o objetivo de entender o cenário das pesquisas de design e bambu no âmbito da pós-graduação, foi realizada uma nova busca no Repositório Institucional da UNESP. A seleção da Unesp para esta pesquisa, se deu por ser um programa de pós-graduação nota 6 no MEC e por possuir uma disciplina na Pós-graduação intitulada como: Design e construção com Bambu.

Para etapa, foram estabelecidos alguns critérios conforme demonstrados no quadro 2.

Tipo de arquivo	Dissertações de mestrado e teses de doutorado
Data de publicação	2010 à 2019
Programa de Pós-graduação	Design / FAAC – UNESP de Bauru
Data da busca:	05/11/2019

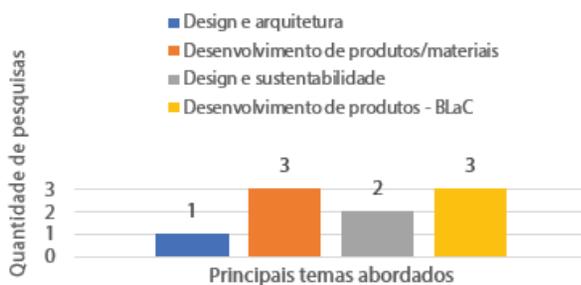
**Quadro 2:** Critérios de seleção de teses e dissertações da UNESP  
**Fonte:** Os autores (2019)

Após a realização das buscas, foi possível encontrar 9 publicações a respeito do uso do bambu e o design, desse total 77,7% são dissertações de mestrado (n=7) e 22,2% são teses de doutorado (n=2). Em relação os resultados encontrados nas dissertações de mestrado, todas as pesquisas foram encontradas também no catálogo da CAPES. No que diz respeito às pesquisas de doutorado, no catálogo da CAPES foi encontrado apenas uma publicação da UNESP, mas no repositório da instituição foram encontradas duas publicações (tabela 3), como a segunda tese foi defendida em 2019 é possível que ainda não tenha sido atualizada no catálogo da CAPES.

No que diz respeito às temáticas abordadas no PPG em Design da FAAC – UNESP de Bauru em pesquisas de Design e Bambu, a figura 11 apresenta os principais temas abordados.

DISSERTAÇÕES	
Número de dissertações encontradas: 124	Dissertações de Design com bambú: 7
2010 - Roberval Bráz Padovan	O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais
2011 - Helen Tatiana Takamitsu	O uso de bambu e metal clay no design de jóias de arte
2014 - Bruno Perazzelli Farias Ramos	Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (blac) para fabricação de mobiliário – diretrizes para o design
2014 - Flávio Cardoso Ventura	Aplicabilidade da metodologia ecodesign à produção de calçados femininos
2016 - Gabriel Fernandes dos Santos	Design Participativo para a Sustentabilidade: desenvolvimento de painéis modulares para fechamentos, utilizando bambu associado com terra e resíduos
2018 - Rodrigo Rocha Carneiro	Bambu laminado termo-tratado: metodologia aplicável na obtenção de novas tonalidades para o desenvolvimento de móveis sustentáveis
2018 - João Victor Gomes dos Santos	Design de prótese transtibial de baixo custo constituída por biocompósitos: desenvolvimento e avaliação
TESSES	
Número de teses encontradas: 45	Teses de Design com bambú: 2
2016 - Thaís Regina Ueno Yamada	Estruturas flat foldable em Bambu Laminado Colado baseadas em técnicas de dobra e corte do origami e do kirigami
2019 - Flávio Cardoso Ventura	Diretrizes para o design de componentes em bambu para calçados femininos

**Tabela 4:** Dissertações e Teses encontradas a partir das buscas no repositório da UNESP  
**Fonte:** Os autores (2019)



**Figura 11:** Principais temas abordados nas pesquisas  
**Fonte:** Os autores (2019)

Com relação aos principais temas abordados nas pesquisas 33,33% apresentou o desenvolvimento de novos produtos e/ou materiais (n=3) e 33,33% o desenvolvimento de produtos utilizando a técnica do Bambu Laminado Colado – BlaC (n=3), 22,22% teve um enfoque no que diz respeito ao Design e a sustentabilidade (n=2) e apenas 11,11% no desenvolvimento de produtos de Design e Arquitetura (n=1).

## 5. DISCUSSÕES

Embora tenham sido encontradas poucas pesquisas a respeito do tema no Catálogo de Teses e Dissertações da

Capes e no Repositório Institucional da Unesp, as pesquisas de Design e Bambu tem sido emergentes no cenário brasileiro, talvez isso justifique o baixo número de IES que pesquisam sobre o tema, no decorrer de 10 anos apenas 4 IES (16%) apresentaram pesquisas de design e bambu.

Sobre as pesquisas selecionadas todas tratam o bambu como um campo de experimentação, seja de técnica, de diretrizes metodológicas e de uso. Como é um tema emergente nos programas de pós-graduação no Brasil com poucas publicações nacionais sobre o tema, as pesquisas estão muito mais relacionadas ao desenvolvimento de produtos através da experimentação, carecendo de estudos teóricos mais aprofundados, não apenas do uso prático do bambu, de como colher, tratar e desenvolver técnicas para o PDP, mas de enraizar a cultura do bambu em questões sociais, políticas, culturais e econômicas.

No que se refere ao tipo de método utilizado 44,44% (n=4) apresentou pesquisa de cunho experimental, prática e/ou aplicada, outros 44,44% (n=4) no desenvolvimento de metodologia, aplicação de metodologia e/ou diretrizes e 11,11% (n=1) pesquisa-ação.

Em relação às temáticas desenvolvidas pelos trabalhos, Padovan (2010) apresenta uma pesquisa experimental entre Design e Arquitetura. Na temática de Desenvolvimento de Produtos e/ou Materiais, Takamitsu (2011) realiza uma pesquisa experimental de design de jóias de arte; Santos (2018) cria uma metodologia para a produção de próteses transtibiais de baixo custo e Ventura (2019) apresenta diretrizes para o desenvolvimento de componentes de bambu para calçados. Sobre Design e Sustentabilidade, a pesquisa de Ventura (2014) traz a aplicação de uma metodologia de ecodesign aplicada ao desenvolvimento de produtos e Santos (2016) apresenta o desenvolvimento de novos componentes construtivos a partir do design participativo e pesquisa-ação. Para o Desenvolvimento de Produtos BLaC, Ramos (2014) traz uma pesquisa experimental de desenvolvimento de uma metodologia para curvatura de bambu; Yamada (2016) apresenta também uma pesquisa experimental de técnicas de dobra e corte do *origami* e *kirigami* e Carneiro (2018) realiza o desenvolvimento de uma metodologia de tratamento térmico para obtenção de novas tonalidades para o desenvolvimento de móveis sustentáveis.

Dentre os trabalhos selecionados por meio desta RBS, nenhum apresentou o desenvolvimento de pesquisas com o uso específico do termo *Kerf bending* para o desenvolvimento de novos produtos de bambu, mas a tese de doutorado do Ventura (2019) apresentou alguns testes de desenvolvimento de componentes para

calçados utilizando a técnica de flexão com cortes realizados em uma cortadora a laser, os resultados encontrados, segundo o autor foram insatisfatórios pois as peças quebravam com o manuseio (figura 12), devido à isso o enfoque de sua pesquisa ficou delimitado ao desenvolvimento de componentes estruturais, em específico saltos para calçados femininos.

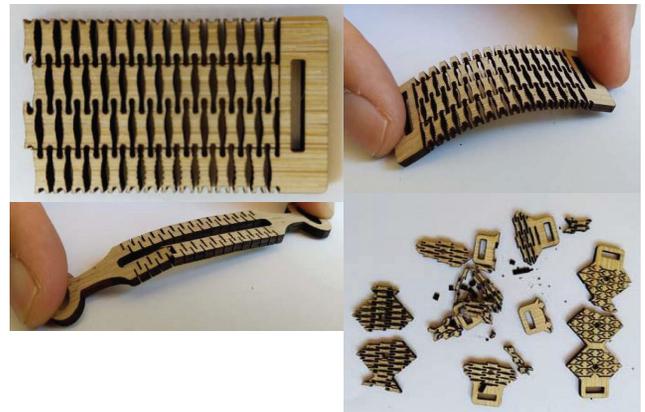


Figura 12: Teste de padrões para flexão do bambu  
Fonte: Adaptado de Ventura (2019)

Ventura (2019) em sua tese, afirma que ornamentos de bambu para calçados femininos demonstraram aspectos positivos, mas que alguns estudos futuros são necessários sobre a aplicação do bambu nesses componentes tais como: “Qual a geometria sugerida para se obter melhor resistência físico-mecânica?” “Qual a espessura indicada para a lâmina ser curvada?” “Quais os tipos de adereços que devem ser aplicados?”. Os resultados encontrados por Ventura (2019) reafirmam a hipótese dos autores deste trabalho de que pesquisas de design e bambu ainda são escassas nos programas de pós-graduação *stricto sensu* no Brasil e que pesquisas utilizando a técnica de flexão de materiais planos (*kerf bending*) com bambu são inexistentes.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da RBS, foi possível identificar 22 trabalhos no site da CAPES e 9 trabalhos no repositório institucional da UNESP, apenas 16% (n=4) dos PPG em Design do Brasil apresentaram pesquisas de design e bambu nos últimos 10 anos. A pesquisa foi delimitada aos resultados encontrados no PPG em Design da FAAC-UNESP de Bauru, foram analisadas 7 dissertações de mestrado e 2 teses de doutorado. A análise desses trabalhos revelou que as pesquisas em design e bambu são emergentes e tem muito a contribuir com as pesquisas científicas a nível de mestrado e doutorado em design no país.

Através da análise dos trabalhos selecionados (teses e dissertações), foi possível identificar algumas ênfases e lacunas. Inicialmente, nota-se que as temáticas desenvolvidas pelos trabalhos foram voltadas aos seguintes tópicos: Design e Arquitetura; Desenvolvimento de Produtos e/ou Materiais; Design e Sustentabilidade e; Desenvolvimento de Produtos BLaC. No que se refere ao tipo de método utilizado, os trabalhos apresentaram pesquisa de cunho experimental, prática e/ou aplicada; desenvolvimento de metodologia, aplicação de metodologia e/ou diretrizes e; pesquisa-ação.

Nesse contexto, os trabalhos enfatizaram o uso do bambu como um campo de experimentação, seja de técnica, de diretrizes metodológicas e de uso. Como é um tema emergente nos programas de pós-graduação no Brasil com poucas publicações nacionais, as pesquisas estão muito mais relacionadas ao desenvolvimento de produtos através da experimentação. As lacunas identificadas estão relacionadas aos termos de busca da RBS (Busca 1: *Kerf bending*; Busca 2: *Kerf bending AND Bambu*; Busca 3: Bambu) que apenas através da busca 3 foi possível encontrar as 22 publicações que direcionaram as análises deste artigo. A técnica *Kerf bending* se demonstrou bem desconhecida necessitando de mais pesquisas e experimentações com bambu e; também à carência de estudos teóricos mais aprofundados, não apenas do uso prático do bambu, de como colher, tratar e desenvolver técnicas para o PDP, mas de enraizar a cultura do bambu em questões sociais, políticas, culturais e econômicas.

Por fim, ressalta-se que a presente pesquisa atingiu os objetivos de investigar as abordagens do uso do bambu nas pesquisas científicas em nível de pós-graduação no Brasil, mas a análise foi restringida ao PPG em Design da FAAC-UNESP sendo necessária um aprofundamento nos demais programas encontrados. E responde à questão de pesquisa através das ênfases e lacunas identificadas, para trabalhos futuros sugere-se: a) investigar o uso da técnica de *Kerf bending* no bambu (BLaC); b) realizar testes de resistência de padrões no bambu e; c) comparar parâmetros e resistência dos padrões de cortes no BLaC e no MDF de 3mm.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil) pelo apoio financeiro da pesquisa (nº do processo: 88887.319160/2019-00).

## REFERÊNCIAS

BARATA, Tomás Queiroz Ferreira; ALENCAR, Francisco de. Desenvolvimento de produtos em Design com auxílio da modelagem virtual. In: **Ensaio em Design:**

produção e diversidade. Bauru, SP: Canal 6, 2012.

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2013.

CARNEIRO, Rodrigo Rocha. **Bambu laminado termo-tratado:** metodologia aplicável na obtenção de novas tonalidades para o desenvolvimento de móveis sustentáveis / Rodrigo Rocha Carneiro. -- Bauru, 2019104 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru.

CARVALHO, Ana Paula Coelho de Carvalho. **O ensino paulistano de design**. São Paulo: Blucher, 2015.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática:** aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. Trabalho apresentado no 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://vision.ime.usp.br/~acmt/conforto.pdf>> Acesso em: 15 out 19.

EYCHENNE, F.; NEVES, H. **Fab Lab:** A Vanguarda da Nova Revolução Industrial. São Paulo: Fab Lab Brasil, 2013.

GERSHENFELD, N. How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution. **Foreign Affairs**, Tampa, nov.-dez. 2012.

HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bamboo the gift of the gods**. D'Vinni Ltda: Bogotá, 2003.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

PADOVAN, Roberval Bráz. **O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais**. 2010. 183f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2010.

PLATAFORMA SUCUPIRA. Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior. CAPES. **Cursos Avaliados e Reconhecidos**. 2019. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/quantitativos/quantitativos.xhtml?areaAvaliacao=29&areaConhecimento=61200000>. Acesso em: 10 dez. 2019.

PEREIRA, M. A. R.; BERLDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 2. ed. Bauru: Canal 6 Editora, 2016.

PEREZ, Iana Uliana; MOURA, Mônica; MARTINS, Suzana Barreto; **"Inovação Social e decrescimento: desenvolvendo alternativas"**, p. 231-242. In: . São Paulo: Blucher, 2019.

RAMOS, Bruno Perazzelli Farias. **Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (BLaC) para fabricação de mobiliário** – diretrizes para o design. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2014.

REUBENS, R. **Bamboo in Sustainable Contemporary Design**. INBAR Working Paper, Beijing, n.60, 2010.

RIVERO, L. A. **Laminado colado e contraplacado de bambu**. 2003. 99f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SANTOS, Gabriel Fernandes dos. **Design participativo para a sustentabilidade: desenvolvimento de painéis modulares para fechamentos, utilizando bambu associado com terra e resíduos**. 2016. 155 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2016.

SANTOS, João Victor Gomes. **Design de prótese transtibial de baixo custo constituída por biocompósitos: desenvolvimento e avaliação**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Bauru, 2018.

SASAOKA, Silvia; PEREIRA, Marco A. R.; SANTOS, Gabriel F.; "O Pífano de Bambu: o Músico Artífice de seu Instrumento", p. 3544-3558 . In: **Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2018)**. São Paulo: Blucher, 2019.

TAKAMITSU, Helen Tatiana. **O uso de bambu e metal clay no design de jóias de arte**. 2011.156 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Artes, Arquitetura e Comunicação, Bauru, 2011.

TRISKA, Ricardo; VELA, João Carlos; DOLZAN, Jorge Elias. **A pós-graduação stricto sensu do Design no Brasil: uma leitura**. In: Estudos em Design. Revista (online). Rio de Janeiro: v. 22, n.3 [2014], p. 70-80.

VENTURA, Flávio Cardoso. **Aplicabilidade da metodologia ecodesign à produção de calçados femininos** / Flávio Cardoso Ventura, 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2014.

VENTURA, Flávio Cardoso. Diretrizes para o design de componentes em bambu para calçados femininos. 2019. 151 f. Tese (Doutorado em Design) – Universidade

Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019.

XIAO Y.; INOUE M.; PAUDEL S. K. (Org.). **Modern bamboo structures**. Boca Raton: CRC Press, 2008.

YAMADA, Thaís Regina Ueno. **Estruturas flat foldable em Bambu Laminado Colado baseadas em técnicas de dobra e corte do origami e do kirigami**. 2016. 222 f. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2016.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7909-8773>

**CONRADO RENAN DA SILVA, M.Sc.** | FAAC - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação; UNESP - Universidade Estadual Paulista, campus de Bauru/SP | Correspondência para: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01 - Vargem Limpa - Bauru/SP - CEP 17033-360 | Pabx: (14) 3103-6000 | e-mail: [conrado.crsilva@gmail.com](mailto:conrado.crsilva@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1473-4860>

**MARCO ANTÔNIO DOS REIS PEREIRA, Dr.** | FAAC - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação; UNESP - Universidade Estadual Paulista, campus de Bauru/SP | Correspondência para: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01 - Vargem Limpa - Bauru/SP - CEP 17033-360 | Pabx: (14) 3103-6000 | e-mail: [marco-antonio.pereira@unesp.br](mailto:marco-antonio.pereira@unesp.br)

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

**TOMÁS QUEIROZ FERREIRA BARATA, Dr.** | AUT-Departamento de Tecnologia da Arquitetura, FAU-USP-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo | Correspondência para: Rua do Lago, 876 CEP 05508-080 São Paulo/SP/Brasil, +55 (11) 3091 4643 | e-mail: [barata@usp.br](mailto:barata@usp.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

SILVA, Conrado Renan da; PEREIRA, Antônio dos Reis; BARATA, Tomás Queiroz. As Pesquisas Científicas De Design E Bambu No Brasil: Ênfases E Lacunas. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 77-88, ago. 2021.** 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.MIX2021.v7.n3.77-88>.

**DATA DE ENVIO:** 15/11/2020

**DATA DE ACEITE:** 12/03/2021



# AVALIAÇÃO LABORATORIAL DE MISTURA ASFÁLTICA A QUENTE PRODUZIDA COM GRAFITE COMERCIAL

LABORATORY ASSESSMENT OF HOT ASPHALT MIXTURE PRODUCED WITH COMMERCIAL GRAPHITE

ALEX GOMES PEREIRA, M.Sc. | UNISINOS  
BENÍCIO DE MORAIS LACERDA, M.Sc. | UNISINOS  
REGINA CÉLIA ESPINOSA MODOLO, Dr. | UNISINOS

## RESUMO

As estruturas dos pavimentos estão na maioria das vezes sujeitas às cargas dinâmicas resultantes de várias combinações de carregamentos decorrentes dos veículos e diferentes condições ambientais. O desempenho de concretos asfálticos em termos de comportamento viscoelástico linear pode ser previsto usando o comportamento tensão-deformação que pode ser definido pelo módulo complexo. Dentre as opções mais modernas para sua obtenção, encontram-se os testes de flexão a quatro pontos. Neste contexto, o trabalho avalia a viabilidade técnica do uso do grafite comercial em camadas de pavimentos rodoviários. Para isto, foram produzidas duas misturas asfálticas, uma confeccionada com cimento Portland, codificada por CA-REF e outra produzida com grafite comercial (CA-GRAFP). Para atingir o objetivo desta pesquisa, as composições asfálticas foram submetidas ao ensaio de flexão a quatro pontos para obtenção do módulo complexo e o ângulo de fase. A metodologia adotada seguiu as recomendações da norma europeia EN 12697-26, com aplicação de carregamento de compressão senoidal uniaxial e amplitude de deformação de 50 $\mu$ m/m, frequências de 0,1 a 20Hz e temperaturas de 0 a 40°C, com incrementos de 5 em 5 °C. Os resultados da pesquisa evidenciaram que o CA-GRAFP apresentou módulos complexos superiores ao CA-REF. Além disso, foi possível observar menores valores dos ângulos de fases para composição CA-GRAFP. Os resultados obtidos neste estudo apontam para a viabilidade do uso do grafite como material aplicável em pavimentos rodoviários.

**PALAVRAS CHAVE:** Grafite Comercial; Mistura Asfáltica; Teste de Flexão de Quatro Pontos; Curva Mestre.

## ABSTRACT

*Pavement structures are most often subject to dynamic loads resulting from various combinations of loads resulting from vehicles and different environmental conditions. The performance of asphalt concrete in terms of linear viscoelastic behavior can be predicted using the stress-strain behavior that can be defined by the complex module. Among the most modern options for obtaining it, there are four-point flexion tests. In this context, the work assesses the technical feasibility of using commercial graphite in road pavement layers. For this, two asphalt mixtures were produced, one made with Portland cement, coded by CA-REF and the other produced with commercial graphite (CA-GRAFP). To achieve the objective of this research, the asphalt compositions were submitted to the four point flexion test to obtain the complex module and the phase angle. The adopted methodology followed the recommendations of the European standard EN 12697-26, with application of uniaxial sinusoidal compression loading and deformation amplitude of 50 $\mu$ m / m, frequencies from 0.1 to 20Hz and temperatures from 0 to 40 °C, with increments of 5 at 5 °C. The research results showed that the CA-GRAFP presented complex modules superior to the CA-REF. In addition, it was possible to observe lower values of the phase angles for the CA-GRAFP composition. The results obtained in this study point to the feasibility of using graphite as a material applicable to road pavements.*

**KEY WORDS:** Commercial Graphite; Asphalt Mixtures; Four Point Bending Test; Master Curve.



## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a ocorrência prematura da perda das características funcionais e estruturais dos pavimentos asfálticos levou ao desenvolvimento e adoção de materiais inovadores para aumentar a vida útil das camadas asfálticas (MORENO-NAVARRO, IGLESIAS e RUBIO-GÁMEZ, 2016). Em relação a isso, em muitos países, diferentes materiais, especificamente os resíduos industriais, vêm sendo inseridos nas misturas asfálticas com o objetivo de agregar valor à execução, recuperação e manutenção dos pavimentos, já que estas representam técnicas sustentáveis e alternativas economicamente viáveis.

A utilização de materiais alternativos em camadas de pavimento, consiste em alcançar uma economia significativa nos gastos, diminuição do consumo de matérias primas, aumento da capacidade de carga e proteger o meio ambiente. O impacto do emprego de resíduos provenientes de processos industriais na pavimentação asfáltica representa um importante tema de estudo, devido, principalmente, às vantagens econômicas e ambientais, além de favorecer a implementação de políticas de manutenção e recuperação de pavimentos. Além disto, Lee et al. (2013) e Turner et al. (2015) destacam que o uso de material reciclado promove a sustentabilidade na construção de estradas, reduzindo o consumo de energia e a emissão de gases do efeito estufa produzidos no processo de mineração de agregados naturais.

Dessa maneira, com o objetivo de reduzir custos e manutenção e, ainda, mitigar a exploração dos materiais convencionais, recursos naturais não renováveis, normalmente usados nessas estruturas, a literatura cita diversos estudos relacionados a utilização de diferentes materiais, provenientes de processos industriais (SPECHT, et al., 2007; SPECHT, CERATTI e BORGES 2007; BOCK et al., 2009; PAMPLONA et al. 2012; BARDINI et al., 2012; MELO, 2014; YAN, XU e YOU, 2015; MARCON, 2016; MELO e TRICHÊS, 2016a, MELO e TRICHÊS, 2016b; CARLESSO et al., 2019).

Entre estas pesquisas deve ser dado destaque àquelas relacionadas à obtenção do módulo complexo ( $E^*$ ) e ângulo de fase ( $\delta$ ) no aparato quatro pontos, de diferentes materiais e morfologias, devido principalmente ao seu potencial para fundamentação de formulações de modelos constitutivos de sua estrutura, pois representa tanto a parte do comportamento elástico, decorrente dos agregados, quanto o comportamento viscoso, proveniente do ligante asfáltico.

Melo (2014) avaliou as características reológicas e mecânicas de concretos asfálticos modificados com nanoargila (NA) e nanotubo de carbono (NTC). Nestes nanocompósitos asfálticos, foram estudadas a inclusão dos nanomateriais

variando em 1%, 2% e 3% em relação à massa do ligante asfáltico de petróleo 50/70. As amostras foram submetidas aos ensaios de ação deletéria da água, deformação permanente, módulo complexo e resistência à fadiga no equipamento flexão a quatro pontos (4PB). Os resultados apontaram vantagens técnicas das formulações com misturas nanomodificadas frente ao concreto asfáltico convencional.

Em relação às nanomodificação dos ligantes asfálticos iniciada por Melo em 2014, Marcon (2016) e Carlesso (2017), os parâmetros mecânicos e reológicos de concretos asfálticos modificados como novos materiais foram avaliados. Marcon (2016) investigou misturas asfálticas nanomodificadas por polímero SBS, borracha moída de pneu, NA e NTC. As características mecânicas e reológicas das amostras testadas foram obtidas mediante aos experimentos de resistência à ação deletéria da água no ensaio de Lottman modificado, quanto à deformação permanente, o módulo de rigidez e resistência à fadiga no aparato 4PB. As amostras nanomodificadas por polímero SBS e borracha moída de pneu apresentaram desempenho superior quanto ao dano por umidade induzida. No estudo reológico, as misturas asfálticas modificadas por SBS e borracha moída de pneu apresentaram valores de  $E^*$  e  $\delta$  inferiores aos valores encontrados para as misturas de nanomodificadas por nanoargila organofílica e nanotubo de carbono.

Carlesso (2017) avaliou a modificação do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) 50/70 por meio da incorporação de nanoargila e o polímero SBS. Os compósitos asfálticos foram submetidos aos ensaios de dano por umidade induzida pelo ensaio de Lottman modificado, à deformação permanente no simulador de tráfego francês, ao  $E^*$  e à fadiga (aparato 4 pontos), bem como, simulações numéricas de estruturas de pavimentos. Os resultados encontrados quanto ao efeito da ação deletéria da água e deformação permanente, a mistura 3% NA + 2% SBS mostraram-se superiores.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico do concreto asfáltico do tipo convencional (CA-REF) e o concreto asfáltico com grafite comercial (CA-GRAFP), segundo diferentes temperaturas e frequências de carregamento, por meio da determinação do módulo complexo, sob flexão a quatro pontos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Materiais

#### 2.1.1 Agregados minerais

Os agregados minerais utilizados nesta pesquisa são considerados convencionais, geralmente usados em projetos de rodovias em concreto asfálticos. As propriedades

físicas destes materiais foram determinadas por meio de ensaios preconizados pela American Society for Testing and Materials (ASTM). Para os agregados graúdos (brita 1 e brita 0), realizaram-se ensaios de densidade real (Gsa - ASTM C127), densidade aparente (Gsb - ASTM C127), absorção de água (ASTM C127) e dureza (ASTM C131). Os agregados miúdos (pó de pedra e areia), foram avaliados quanto densidade real (Gsa - ASTM C128), densidade aparente (Gsb - ASTM C128), absorção de água (ASTM C128).

Para substituição do fíler tradicional (cimento CP II E32) na formulação de referência, foi utilizado o grafite comercial. Esse material trata-se de um pó natural predominantemente cristalino, amplamente utilizado em diversas aplicações do setor industrial (refratários de magnésia-carbono, refratários monolíticos, refratários de alumina-carbono, pastilhas e lonas de freios, peças sinterizadas, revestimentos de fricção, escovas elétricas, desmoldantes, tintas especiais e embreagens).

## 2.2. Cimento Asfáltico

Como aglomerante orgânico foi empregado o cimento asfáltico de petróleo (CAP) 50/70, fornecido pela empresa Madecon Engenharia - Construtora e Participações Ltda.

## 2.3. Dosagem asfáltica

Quanto à dosagem, buscou-se integrar o material grafite comercial em uma formulação usada na construção de pavimentos rodoviários, a fim de propor uma mistura alternativa convencional a nível nacional, dada a abundância desse material no Brasil.

A partir disso, buscou-se uma composição granulométrica que estivesse enquadrada nos limites estabelecidos para a Faixa C da norma ES031 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2004). Após a determinação da composição da mistura de referência contendo apenas materiais minerais, a composição granulométrica dos agregados foi realizada utilizando-se o método tradicional de tentativas. A partir da mistura de referência (CA-REF), foram utilizadas as metodologias do método Bailey para proporcionamento dos componentes, detalhado por Mendes e Marques (2012) obtendo-se, assim, uma mistura que se enquadra nos parâmetros do citado método, assim como nos limites da Faixa C do DNIT. O mesmo foi realizado para a mistura com grafite (CA-GRAFP).

## 2.4. Produção dos corpos prismáticos de asfalto

Para determinação das temperaturas para confecção das misturas betuminosas, plotou-se o gráfico de viscosidade/temperatura (Figura 1). Os corpos de prova das misturas

asfálticas foram confeccionados utilizando o ligante asfáltico à 160 a 167°C e os agregados à 177°C, ambos materiais aquecidos em estufa.

Após o procedimento de mistura/homogeneização, as composições asfálticas foram condicionadas por um período de duas horas na estufa (envelhecimento a curto prazo), na temperatura de compactação (148 a 153°C) para o processo de envelhecimento, conforme recomenda a norma D 4867 (ASTM, 2014). O período de duas horas em como objetivo simular o processo de preparação, transporte e distribuição e compactação do concreto asfáltico no campo, assim como melhorar a interação ligante-agregado.

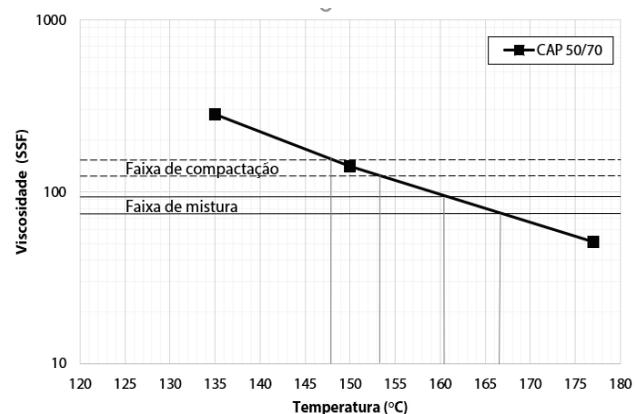


Figura 1: Gráfico, viscosidade Saybolt Furol versus temperatura  
Fonte: Autor (2020).

Posteriormente ao processo de envelhecimento a curto prazo, as misturas asfálticas, as misturas asfálticas foram compactadas, conforme a metodologia adotada por Mello (2008), Lima (2017), Torres (2018), Pereira et al. (2019) e Pereira et al. (2020). Para isso, utilizou-se um molde metálico que consiste essencialmente de conjunto com dispositivo para encaixe e uma base. Consoante a compactação, empregou-se uma prensa hidráulica de 30 toneladas, no qual, o molde é submetido a uma pressão constante.

## 2.5. Determinação da do Rigidez e Ângulo de fase

A avaliação de rigidez e ângulo de fase dos compósitos asfálticos ocorreu por meio do ensaio de flexão a quatro pontos. O ensaio foi realizado de acordo com as prescrições do órgão Europäische Norm (EN). As vigas prismáticas foram avaliadas com base no ensaio de flexão em viga em quatro pontos para determinação do módulo complexo e ângulo de fase. Utilizou-se o aparato 4 pontos da empresa australiana IPC Global® – Modelo CS 7800 e uma câmara climática.

O equipamento aplica pulsos de carga sinusoidal consecutivos (tração/compressão) nos terços médios do vão da viga, com frequência variável de 0,01 a 30Hz. A metodologia adotada seguiu as recomendações da norma europeia descrita na EN 12697-26 (EN, 2018), com aplicação de carregamento senoidal uniaxial de compressão, amplitude de deformação de 50µm/m, sob as frequências de 0,1Hz, 0,2Hz, 0,5Hz, 1Hz, 2Hz, 5Hz, 10Hz e 20Hz e temperaturas de ensaio de 0°C a 40°C, com acréscimo de 5 em 5°C.

Para cada temperatura de ensaio adotou-se o tempo mínimo de aclimação estabelecido pela EN 12697-26 (EN, 2004). Para os ensaios com temperaturas de 0°C, as amostras foram colocadas em uma câmara ambiental por um período mínimo de 2 horas antes do início do ensaio, tempo mínimo de aclimação para temperaturas de teste 5°C até 20°C foi necessário a interpolação dos valores de 2 horas e 1 hora, e para temperaturas de ensaio superiores a 20°C, os corpos de prova permaneceram por no mínimo 1 hora na câmara climática.

Para avaliar o comportamento reológico das misturas, foram plotadas as curvas isotérmicas, curvas isócronas e espaços de Black. A Tabela 1 mostra o tempo mínimo de aclimação dos corpos de prova.

Temperatura	Tempo
0 °C	2 horas
5 °C	1 hora e 45 minutos
10 °C	1 hora e 30 minutos
15 °C	1 hora e 15 minutos
20 °C	1 hora
25 °C	1 hora
30 °C	1 hora
35 °C	1 hora
40 °C	1 hora

**Tabela 1:** Tempo mínimo de aclimação das amostras  
**Fonte:** Autor (2020).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Materiais

Os resultados destes ensaios estão apresentados na Tabela 2.

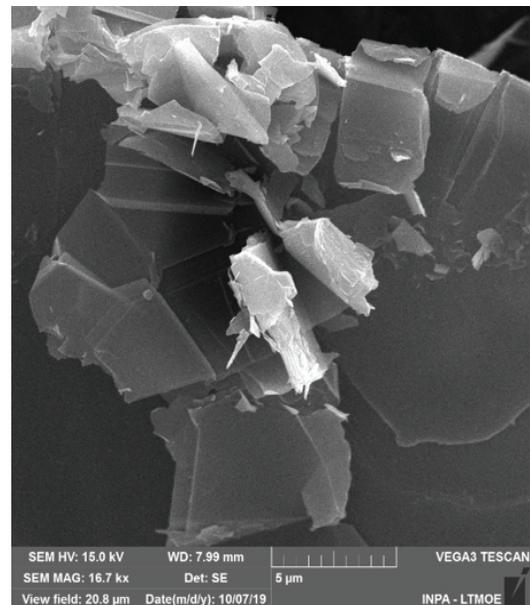
Parâmetro	Resultado	Norma
Gsa, g/cm <sup>3</sup> (brita 1)	2,58	ASTM C127
Gsb, g/cm <sup>3</sup> (brita 1)	2,55	
Absorção, % (brita 1)	0,51	
Gsa, g/cm <sup>3</sup> (brita 0)	2,74	ASTM C127
Gsb, g/cm <sup>3</sup> (brita 0)	2,62	
Absorção, % (brita 0)	1,66	

Gsa, g/cm <sup>3</sup> (areia)	2,21	ASTM C128
Gsa, g/cm <sup>3</sup> (pó de pedra)	2,75	

**Tabela 2:** Resultados de testes de rotina para agregados minerais  
**Fonte:** Autor (2020).

Analisando-se a Tabela 2, tem-se que: a absorção das britas 1 e 0 evidenciaram baixos valores, ou seja, menores que 2%. Enfatiza-se que uma maior absorção maior que 2%, resultaria em um maior consumo de ligante asfáltico; e com relação à determinação do desgaste por abrasão Los Angeles, os agregados pétreos, brita 1 e brita 0 mostraram uma perda de 14,10% e 27,39%, respectivamente. Analisando o referencial normativo ME 035 (DNER, 1998), no geral, é apresentada uma faixa admissível de perda por abrasão com valor máximo de 50%. Logo, os materiais atendem às especificações estabelecidas por norma.

A Figura 2 mostra o aspecto morfológico do grafite comercial obtido por meio da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV). O material de enchimento apresenta uma estrutura em placas bem definidas no seu estado cristalino, e com uma superfície lisa e uniforme.



**Figura 2:** Imagem de microscopia eletrônica de varredura do grafite comercial  
**Fonte:** Autor (2020).

Nas Tabelas 3 a 6 são apresentados os resultados de módulo complexo e do ângulo de fase. Os valores correspondem à média de dois corpos de prova produzidos para cada mistura. Os parâmetros são apresentados em função das temperaturas e frequências de carregamento.

Frequência (Hz)	Temperatura (°C)						
	0	5	10	15	20	25	30
0,1	3806	1724	1433	1046	450	390	256
0,2	4046	2106	1712	1219	557	464	286
0,5	4464	2538	2125	1536	744	606	362
1	4854	2969	2473	1794	914	754	436
2	4972	3366	2846	2153	1131	945	532
5	5184	3872	3381	2565	1502	1188	697
10	5214	4294	3605	2911	1780	1370	840
20	5360	4552	3710	3339	2316	1645	992

**Tabela 3:** Módulo complexo: CA-REF  
**Fonte:** Autor (2020).

Frequência (Hz)	Temperatura (°C)						
	0	5	10	15	20	25	30
0,1	13,4	22,9	24,2	27,4	34,2	33,1	29,1
0,2	12,1	21,2	23,3	26,5	33,8	32,1	31,1
0,5	11,1	19,4	21,7	24,8	33,3	31,7	31,9
1	10,3	17,7	20,4	24,4	31,5	32,2	32,2
2	7,9	16,3	19,0	22,5	29,8	31,2	31,6
5	7,0	15,4	17,1	19,6	26,8	27,1	30,7
10	6,1	14,3	15,4	19,4	24,8	26,3	31,6
20	5,6	13,2	13,4	18,2	24,3	15,7	47,0

**Tabela 4:** Ângulo de fase: CA-REF  
**Fonte:** Autor (2020).

Frequência (Hz)	Temperatura (°C)						
	0	5	10	15	20	25	30
0,1	4379	2528	1647	1334	592	432	313
0,2	4738	2874	1979	1700	751	526	379
0,5	5298	3370	2360	2156	961	693	490
1	5733	3786	2673	2463	1151	843	593
2	5963	4165	3003	2868	1397	1033	728
5	6140	4484	3394	3169	1794	1319	919
10	6245	4735	3748	3373	2001	1562	1138
20	6580	4950	4248	3614	2353	1864	1352

**Tabela 5:** Módulo complexo: CA-GRAFP  
**Fonte:** Autor (2020).

Frequência (Hz)	Temperatura (°C)						
	0	5	10	15	20	25	30
0,1	12,2	18,0	20,8	25,6	29,7	34,3	36,9
0,2	11,1	16,4	18,8	23,3	28,9	33,8	38,4
0,5	9,9	14,9	17,2	21,4	28,7	32,8	37,8
1	8,7	13,5	15,9	20,1	28,4	32,2	37,8
2	7,5	12,2	14,6	18,9	27,3	30,7	36,7
5	6,8	11,7	13,2	18,4	26,5	28,0	35,0

10	5,8	9,8	12,0	17,4	24,1	27,1	33,9
20	5,1	8,0	11,2	16,2	21,3	32,8	48,7

**Tabela 6:** Ângulo de fase: CA-GRAFP  
**Fonte:** Autor (2020).

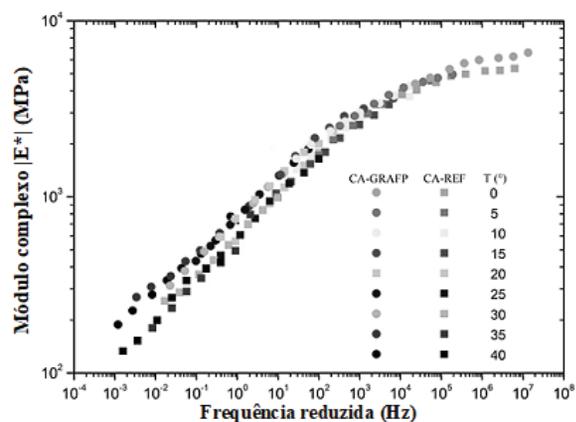
Para evidenciar o aumento nos valores referentes ao módulo complexo ocasionado pela incorporação do grafite nas amostras asfálticas, bem como obter uma descrição mais ampla do comportamento mecânico das formulações estudadas, empregou-se o princípio da superposição frequência-temperatura para a construção das curvas mestras (Figura 3).

Com as frequências de ensaio 0,1 a 20Hz e temperaturas utilizadas de 0 a 30°C, foram calculados os fatores de translação horizontal (aT) por meio da equação 1 de WilliamsLandel-Ferry (WLF).

$$\log a_T = \frac{-C_1 x (T - T_{ref})}{C_2 + (T - T_{ref})} \quad (1)$$

Onde, C1 é adimensional e C2 tem unidade de temperatura (K). Estas constantes dependem das propriedades do material e da temperatura de referência, Tref.

A importância destas curvas reside em poder definir graficamente o módulo de rigidez para diversas temperaturas e frequências, para além das empregadas nos experimentos, o qual, pode-se ampliar significativamente a fronteira dos dados. Nesse caso específico, embora os ensaios realizados tenham se limitado a frequências compreendidas entre 0.1Hz e 20Hz, com a construção das curvas mestras, pode-se determinar o módulo de rigidez para as frequências compreendidas entre 10-4Hz e 108Hz.



**Figura 3:** Curvas mestras das diferentes misturas  
**Fonte:** Autor (2020).

Na Figura 3 observa-se a melhoria das misturas dos compósitos asfálticos produzidos com grafite comercial, no que se refere aos resultados de rigidez, em todo

o domínio de frequências. Comportamento semelhante registrou-se em Melo e Trichês (2016a) e Carlesso et al. (2019), que adotaram a mesma metodologia de estudo em pauta, embora os experimentos tenham sido realizados com ligantes modificados e com diferentes processos de compactação. Nessas circunstâncias, justifica-se as diferenças obtidas, especialmente, pelo tipo de material e moldagem dos concretos asfálticos utilizados nas pesquisas. Ainda quanto à diferença entre os resultados, vale salientar que as diferentes características mineralógicas dos agregados, dosagens e composição granulométrica adotadas nessa pesquisa, e sugere-se que esses fatores também possam ter contribuído para essa diferença.

Adicionalmente, para quantificar o aumento do parâmetro referente ao módulo complexo das misturas, a Tabela 7 apresenta, em termos percentuais, o aumento da rigidez, evidenciando os ganhos do módulo complexo das formulações asfálticas CA-GRAFP em comparação à mistura asfáltica CA-REF.

		Temperatura (°C)					
Frequência (Hz)	0	5	10	15	20	25	30
		Termos percentuais (%)					
0.1	15.05	46.59	14.93	27.51	31.64	10.93	22.30
0.2	17.10	36.48	15.58	39.46	34.90	13.31	32.54
0.5	18.67	32.77	11.06	40.38	29.22	14.32	35.60
1	18.10	27.53	8.08	37.28	25.93	11.81	36.21
2	19.94	23.74	5.52	33.21	23.48	9.29	36.79
5	18.44	15.79	0.36	23.56	19.43	11.01	31.94
10	19.77	10.25	3.97	15.87	12.42	14.08	35.47
20	22.75	8.75	14.49	8.24	1.59	13.34	36.29

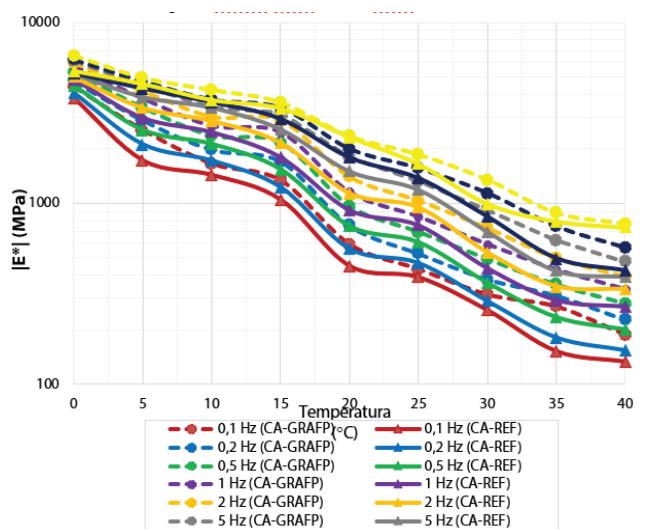
**Tabela 7:** Aumentos no módulo complexo da mistura asfáltica CA-GRAFP em relação a mistura asfáltica CA-REF (ganhos em porcentagem)  
**Fonte:** Autor (2020).

Na Tabela 7 é possível observar ganhos expressivos de módulo complexo com a utilização do grafite comercial. Por exemplo, na frequência de 10Hz, representativa de uma velocidade correspondente a 72 km/h (CHABOT et al., 2011), a adição do módulo complexo é da ordem de 35,47%, 14,08%, 12,42% e 15,87%, para as temperaturas de 30°C, 25°C, 20°C e 15°C, respectivamente. Sublinha-se que, na prática, o aumento da rigidez retrata um maior coeficiente angular na curva tensão-deformação (MELO e TRICHÊS, 2016a). Isso indica que a rigidez das misturas CA-GRAFP, em campo, sob um mesmo estado de tensões, seria menos sensível às deformações de tração na fibra inferior da camada de revestimento asfáltico.

Na Figura 4 apresenta-se o módulo de rigidez dinâmico em função da temperatura. Estas curvas relacionam o módulo complexo (escala logarítmica) com a temperatura (escala aritmética), e expressam a variação da rigidez em função das diferentes temperaturas e frequências de carregamento. Deste modo, é possível avaliar o desempenho térmico das composições a partir das inclinações das curvas, isto é, quanto maior a temperatura menor é a rigidez do concreto asfáltico.

É possível verificar que as isócronas apresentam a redução da rigidez à medida que há um aumento da temperatura de ensaio, ou seja, o valor de do módulo dinâmico é inversamente proporcional ao aumento de temperatura. Tais observações já eram esperadas, uma vez que para materiais viscoelásticos, o aumento de temperatura diminui sua rigidez. Ainda com os dados obtidos, nota-se um melhor comportamento térmico para as misturas CA-GRAFP no tocante à formulação referência. Em suma, isto indicaria que, em campo, as mudanças de temperatura exerceriam menor influência na rigidez da mistura com grafite comercial.

Os resultados obtidos estão em consonância com os encontrados por outros autores, Melo e Trichês (2017), Marcon (2016) e Carlesso (2017). Em termos mecânicos, os autores observaram que a incorporação de resíduos alternativos na mistura asfáltica, resulta em módulos e ângulos de fases superiores em comparação à mistura convencional.



**Figura 4:** Isócronas, mistura CA-REF x mistura CA-GRAFP  
**Fonte:** Autor (2020).

Para se ter uma ordem de grandeza da velocidade equivalente à frequência de aplicação dos pulsos de carga, pode-se recorrer ao ábaco publicado por After Barksdale (1971), citado no trabalho de Huang (1993) que relaciona a velocidade com tempo de aplicação da carga,

e à relação empírica proposta por Van Der Poel (1954), também mostrada por Huang (1993), podendo ser representado pela Equação 2:

$$t = \frac{1}{2\pi f} \quad (2)$$

Onde t representa o tempo do pulso e f é a frequência.

Ao mesmo tempo, visando aumentar o entendimento dos resultados obtidos, selecionaram-se as frequências de 0,1Hz e 10Hz. Considerando-se a Equação 2 e o citado ábaco, verifica-se que a frequência de 0,1Hz corresponde a uma velocidade de 1,6km/h. E a frequência de 10Hz que ilustra uma velocidade de 72 km/h. Verifica-se, assim, que o aumento no parâmetro E\* é mais expressivo a baixas temperaturas. Sublinha-se, igualmente, a redução do comportamento térmico à medida que se aumenta a frequência de carregamento. Consoante à composição CA-GRAFP, identifica-se, respeitante à mistura CA-REF e para todas as frequências de carregamento, ser menos suscetível à variação de temperatura. A partir desses resultados, constata-se que, a composição asfáltica CA-GRAP torna-se uma alternativa promissora como material aplicável em pavimentos rodoviários na região norte do Brasil, uma vez que nos meses mais quentes do ano a temperatura média diária na superfície dos pavimentos asfálticos alcança em torno de 60°C.

A melhoria das propriedades mecânicas das misturas alternativas pode ser justificada pela mudança na estrutura das misturas asfálticas devido às propriedades físico-químicas do grafite. Sua alta temperatura de fusão (3.650°C), além de baixo coeficiente de expansão térmica, lubrificante, ductilidade, compressível, flexível, boa condutividade elétrica e de calor (HARBEN e BATES, 1990).

Objetivando retratar o comportamento elástico das misturas asfálticas, e evitar possíveis discrepâncias nos resultados experimentais (AIREY, 2002), apresenta-se na Figura 5 os diagramas de Black para as misturas CA-REF e CA-GRAFP, que relaciona o módulo complexo (escala logarítmica) com os respectivos valores de ângulo de fase (escala aritmética), em função da frequência de carregamento e temperatura de ensaios.

De acordo com a mencionada figura, constata-se um encurtamento do espaço de Black da mistura CA-GRAFP em comparação a CA-REF. Em adição, observa-se uma tendência de aumento dos ângulos de fase, à medida que se aumenta a temperatura de ensaio. Portanto, a incorporação do material alternativo, em linhas gerais, gera redução dos ângulos de fase, tornando as amostras mais elásticas.

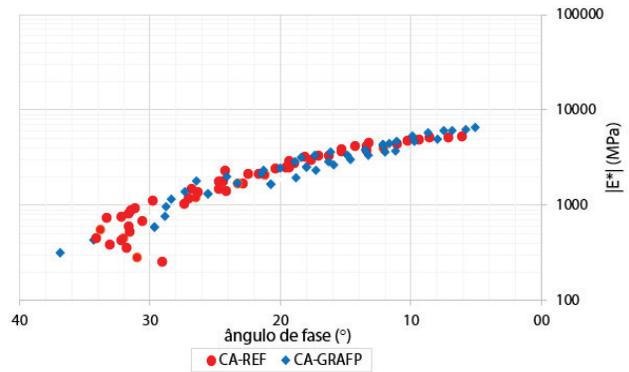


Figura 5: Espaço de Black, mistura CA-REF x mistura CA-GRAFP  
 Fonte: Autor (2020).

Assinala-se que não foram encontrados estudos correspondentes na literatura especializada, versando sobre a substituição do filer tradicional (cimento Portland) por materiais alternativos, em particular, o uso de grafite moído na formulação de concreto asfáltico estudada (CA-GRAFM) sob flexão a quatro pontos. Os trabalhos citados (MELO, 2014; MELO e TRICHÊS, 2016a; MARCON, 2016; CARLESSO, 2017; CARLESSO et al. 2019), embora tenham realizado similar experimento, pesquisaram composições com a participação de ligantes modificados e compactação empregando a mesa compactadora LCPC, condições bastante diferenciadas do estudo em apreço.

Em síntese, o aumento da temperatura, além de reduzir a resistência mecânica dos concretos asfálticos, tratada pela redução do módulo complexo, o torna mais suscetível às deformações permanentes, assim como o desempenho à fadiga, por aumentar a viscosidade do material. Na Tabela 8 são indicadas as reduções do ângulo de fase (em porcentagem) das misturas asfálticas CA-GRAFP relativa à mistura asfáltica CA-REF.

Frequência (Hz)							
Temperatura (°C)	0	5	10	15	20	25	30
	Porcentagem (%)						
0.1	9.95	27.22	16.49	7.03	15.15	-	-
0.2	9.01	29.66	24.10	13.61	17.12	-	-
0.5	12.41	30.64	25.98	15.75	15.87	-	-
1	17.88	31.60	28.10	21.70	10.92	-	-
2	25.33	34.16	29.91	19.21	9.00	1.63	-
5	26.47	32.19	29.55	6.52	1.21	-	-
10	23.61	46.67	28.33	11.49	2.90	-	-
20	19.61	66.04	19.64	12.35	14.19	-	-

Tabela 8: Redução em porcentagem do ângulo de fase, CA-GRAFP em relação ao CA-REF  
 Fonte: Autor (2020).

Conforme os valores apresentados na Tabela 8, é possível verificar uma redução dos ângulos de fase em amostras contendo grafite comercial. Observa-se que, para a frequência de 10Hz (velocidade de tráfego de 72 km/h), quando utilizado o grafite comercial, a atenuação do ângulo de fase da mistura asfáltica é da ordem de 10,92%, 21,70% e 28,10%, nas mesmas temperaturas referenciadas anteriormente. De maneira geral, essas reduções do ângulo de fase, resulta em maior elasticidade da mistura asfáltica, ou seja, em campo, o concreto asfáltico CA-GRAFP apresenta maior capacidade de se recuperar completamente da deformação ocorrendo em cada ciclo de carga (passagem de um eixo de caminhão), reduzindo a acumulação de deformações permanentes (MELO e TRICHÊS, 2016a).

#### 4. CONCLUSÕES

A principal contribuição deste estudo foi a proposição de concretos asfálticos com propriedades superiores à convencional, a partir da incorporação do grafite comercial. As misturas asfálticas foram analisadas por meio dos parâmetros de módulo complexo e ângulo de fase no equipamento 4PB. Com base nos resultados obtido, pode-se concluir que:

- a) O grafite comercial na função de fíler, mostra-se como sendo uma matéria prima com potencial a ser explorado em substituição ao fíler convencional;
- b) O compósito CA-GRAFP apresenta valores de E\* superiores quando comparado a mistura tradicional. Também pode-se observar que mistura produzida com grafite foi responsável por uma diminuição significativa nos valores de ângulos de fase;
- c) A construção das curvas mestras, proporcionou observar o aumento de rigidez para da mistura asfáltica alternativa em relação à mistura convencional;
- d) A composição asfáltica CA-GRAFP mostra-se menos susceptível às variações de temperatura, que a mistura com material tradicional, fato este observado pelas curvas isócronas.
- e) Na análise do sistema de compactação, o citado sistema de compactação apresenta resultados satisfatórios, permitindo concluir que o sistema adotado nesta pesquisa pode ser empregado para confecção de vigas prismáticas de asfalto.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro ao desenvolvimento

deste trabalho, por meio de concessão de bolsa de estudo e Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ-Nível 2-Processo 30775-2018-5).

#### REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM C 127: Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate.** USA, 2015.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM C 131: Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.** USA, 2014.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM C 128: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate.** USA, 2015.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM D 5: Standard test method for penetration of bituminous materials.** USA. 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM D 36: Standard test method for softening point of bitumen (ring-and-ball apparatus).** USA. 2014.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM E 102: Standard Test Method for Saybolt Furol Viscosity of Bituminous Materials at High Temperatures.** USA, 2016.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM D 4402: Standard test method for viscosity determination of asphalt at elevated temperatures using a rotational viscometer.** USA. 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM D 92: Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester.** USA, 2018.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM D 2042: Standard Test Method for Solubility of Asphalt Materials in Trichloroethylene.** USA, 2015.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM D 2872: Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test).** USA, 2012.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM D 113: Standard Test Method for Ductility of Asphalt Materials.** USA, 2017.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM.

**ASTM D4867: Standard Test Method for Effect of Moisture on Asphalt Concrete Paving Mixtures.** USA, 2014.

AIREY, G.D. Use of black diagrams to identify inconsistencies in rheological data. **Road Materials and Pavement Design**, v. 3, n. 4, p. 403-424, 2002.

BARDINI, V. S. S.; KLINSKY, L. M. G.; JÚNIOR, J. L. F.; ROQUE, R. Influência do fíler mineral no comportamento reológico de mástiques asfálticos. **Transportes**, v. 20, n. 3, p. 19-26, 2012.

BOCK, A. L.; HARTMANN, D.; BUDNY, J.; SPECHT, L. P.; CERATTI, J. A. P. Estudo laboratorial sobre os efeitos de diferentes formas de adição de cal a concreto asfáltico. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, v. 14, p. 59-69, 2009.

CARLESSO, G. C. **Estudo do comportamento de mistura asfáltica modificada por nanoargila e polímero SBS.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2017.

CARLESSO, G. C.; TRICHÊS, G.; De Melo, J. V.S.; MARCON, M. F.; THIVES, L. P.; DA LUZ, L. C. Evaluation of Rheological Behavior, Resistance to Permanent Deformation, and Resistance to Fatigue of Asphalt Mixtures Modified with Nanoclay and SBS Polymer. **Applied Sciences-Basel**, v. 9, p. 2697-2713, 2019.

CHABOT, A.; CHUPIN, O.; DELOFFRE, L.; DUHAMEL, D. ViscoRoute 2.0 A: Tool for the Simulation of Moving Load Effects on Asphalt Pavement **Road Materials and Pavements Design**, v.11, n. 2, p.227-250, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. ES 031/2006: **Pavimentos flexíveis: concreto asfáltico: especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **ME 035:1998: Agregados - determinação da abrasão "Los Angeles"**. Rio de Janeiro, 1998.

EUROPEANSTANDARD - EN. **EN 12697-26:Bituminous mixtures - test methods for hot mix asphalt, part 26: Stiffness.** CEN, Brussels. 2004.

HARBEN P.; BATES R.L. **Industrial minerals geology and world deposit.** Industrial Minerals Division, Metal Bulletin, Londres, 1990.

Y. H. Huang. **Pavement analysis and design. Englewood Cliffs**, N.J., Prentice Hall, 1993.

KIM, Y. R. **Modeling of asphalt concrete.** United State of America: ASCE Press, 2009.

LIMA, C. A. P. **Comportamento mecânico com resíduos industriais, sob flexão a quatro pontos, para construção de pavimentos flexíveis.** 2017. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

LEE, J. C.; EDIL, T. B.; BENSON, C. H.; TINJUM, J. M. Building environmentally and economically sustainable transportation infrastructure: green highway rating system. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 12, 2013.

MARCON, M. F. **Estudo e comparação do desempenho mecânico e reológico entre concretos asfálticos modificados por polímero SBS, borracha moída de pneu e nanomateriais.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

MELO, J. V. S. **Desenvolvimento e estudo do comportamento reológico e desempenho mecânico de concretos asfálticos modificados com nanocompósitos.** Tese de Doutorado -Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MELO, J. V. S.; TRICHÊS, G. Effects of organophilic nanoclay on the rheological behavior and performance leading to permanent deformation of asphalt mixtures. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 28 n. 11, p. 04016142, 2016.

MELO, J. V. S.; TRICHÊS, G. Caracterização da Resistência à Fadiga de Misturas Asfálticas Reforçadas Com Camadas Nanométricas de Silicatos. **Revista Pavimentação**, v. 42, p. 43-58, 2016.

MELO, J. V. S.; TRICHÊS, G. Evaluation of properties and fatigue life estimation of asphalt mixture modified by organophilic nanoclay. **Construction and Building Materials**, v. 140, p.364-373, 2017.

MELLO, L. G. R. **O estudo do dano em meio contínuo no estudo da fadiga em misturas asfálticas.** Tese de Doutorado - Universidade de Brasília, Distrito Federal. 2008.

MENDES, L. O.; MARQUES, G. L. O. Avaliação da influência do método bailey no processo de dosagem e desempenho de misturas asfálticas. **Transportes**, v. 20, n. 4, p. 35-43, 2012.

MORENO-NAVARRO, F.; IGLESIAS, G. R.; RUBIO-GÁMEZ, M. C. Mechanical performance of mechanomutable asphalt binders under cyclic creep and recovery loads. **Construction and Building Materials**, v. 113, p.

506-512, 2016.

PAMPLONA, T. F.; AMONI, B. C.; ALENCAR, A. E. V.; LIMA, A. P. D.; Ricardo, N. M. P. S.; SOARES, J. B.; SOARES, S. A. Asphalt binders modified by SBS and SBS/nano-clays: effect on rheological properties. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 23, n. 4, p. 639-647, 2012.

PEREIRA, A. G.; LACERDA, B. M.; SILVA, M. P. S.; SPINOLA, J. R.; MONTEIRO, A. K. C.; FROTA, C. A. Evaluation of Mechanical Properties of Graphite Produced Asphalt Mixtures. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 8, p. 191-03, 2020.

PEREIRA, A. G.; SPINOLA, J. R.; MONTEIRO, A. K. C.; LACERDA, B. M.; GUSMAO, F. S.; FROTA, C. A. Mechanical Behavior of Asphaltic Mixtures Produced with Spray Graphite in High Energy Mill. **International Journal of Engineering Research and Applications**, v. 9, p. 18-26, 2019.

SPECHT, L. P.; CERATTI, J. A. P.; BORGES, P. A. Análise reológica de ligantes modificados com borracha de pneus. **Revista Pavimentação**, v. 2, p. 37-44, 2007.

SPECHT, L. P.; CERATTI, J. A. P.; BRITO, L. A.; BERNUCCI, L. B. Avaliação das propriedades plásticas de misturas asfálticas com incorporação de borracha de pneus através dos processos úmido e seco. **Revista Pavimentação**, v. 2, p. 34-43, 2007.

TORRES, A. P. **Compósitos com biochar e carvão vegetal para camadas de pavimentos asfálticos**. 2018. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

TURNER, D. A.; WILLIAMS, I. D.; KEMP, S. Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 105, p. 186-197, 2015.

YAN, K.; XU, H.; YOU, L. Rheological properties of asphalts modified by waste tire rubber and reclaimed low density polyethylene. **Construction and Building Materials**, v. 83, p. 143-149, 2015.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3563-4161>

**ALEX GOMES PEREIRA, M.Sc.** | Escola Politécnica da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) | Engenharia Civil | São Leopoldo, RS - Brasil | Correspondência para: César Guerra Peixe, 5560. Bairro Flodoaldo Pontes Pinto. CEP: 76820576 | E-mail: alexgp885@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4138-7099>

**BENÍCIO DE MORAIS LACERDA, M.Sc.** | Escola Politécnica da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) | Engenharia Civil | São Leopoldo, RS - Brasil | Correspondência para: Estrada Santo Antônio, 4763. Casa 07. Residencial Volpi. CEP: 7680575 | E-mail: benicio\_lacerda@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7088-2502>

**REGINA CÉLIA ESPINOSA MODOLO, Dra.** | Escola Politécnica da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) | Engenharia Civil | São Leopoldo, RS - Brasil | Correspondência para: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Avenida Unisinos Cristo Rei. CEP: 93022000 | E-mail: reginaem@unisinos.br

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

PEREIRA, Alex Gomes; LACERDA, Benício de Moraes; MODOLO, Regina Célia Espinosa. Avaliação Laboratorial De Misturas Asfálticas À Quentes Produzidas Com Grafite Comercial. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 89-98, ago. 2021**. 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.MIX2021.v7.n3.89-98>.

**DATA DE ENVIO:** 26/12/2020

**DATA DE ACEITE:** 01/04/2021

# PORTOS SUSTENTÁVEIS E OS INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL, ECONÔMICO E SOCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DA COMUNIDADE LOCAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

*SUSTAINABLE PORTS AND ENVIRONMENTAL, ECONOMIC AND SOCIAL PERFORMANCE INDICATORS FOR LOCAL COMMUNITY DEVELOPMENT: A SYSTEMATIC REVIEW*

LUCIANE SILVA FRANCO, M.Sc. | UNICENTRO

SERGIO LUIS DIAS DOLIVEIRA, Dr. | UNICENTRO

ANTONIO CARLOS FRANCO, M.Sc. | UNICENTRO

SIMONE SOARES, M.Sc. | UNICENTRO

## RESUMO

O objetivo do estudo foi analisar os indicadores de desempenho ambiental, econômico e social dos portos sustentáveis e o impacto no desenvolvimento da comunidade local. Como procedimento metodológico, o estudo realizou uma revisão sistemática de literatura das publicações sobre indicadores de desempenho para portos sustentáveis, por meio de buscas nas bases de dados *ScienceDirect*, *Scopus* e *Web of Science*. A principal contribuição desta pesquisa foi discutir em que nível os indicadores ambientais, sociais e econômicos existentes apoiam as autoridades portuárias, responsáveis pelas tomadas de decisão, em seus esforços para o desenvolvimento sustentável em harmonia com a comunidade local. Um levantamento favorável de 11 indicadores de desempenho dos portos sustentáveis em três categorias principais: (i) ambiental, (ii) econômica e (iii) social. O setor portuário apresenta políticas públicas incompletas e fragmentadas. Para operar com eficácia, um porto sustentável precisa agir e trabalhar em conformidade com determinados indicadores descritos neste estudo. Conclui-se que dentre os indicadores que foram levantados na literatura e que precisam contemplar o “Triple Bottom Line” em portos sustentáveis, destacam-se a gestão do meio ambiente e energia, transparência nos relatórios de sustentabilidade e investimento em projetos sociais.

**PALAVRAS CHAVE:** Responsabilidade Ambiental; Desenvolvimento Ambiental; Administração Portuária; Sustentabilidade

## ABSTRACT

*The objective of the study was to analyze the environmental, economic and social performance indicators of sustainable ports and the impact on the development of the local community. As a methodological procedure, we performed a systematic literature review of publications on indicators for sustainable ports, through searches in the ScienceDirect, Scopus and Web of Science databases. The main contribution of this research was to discuss at what level environmental, social and economic indicators support the port authorities, responsible for decision-making, in their efforts for sustainable development in harmony with the local community. A favorable survey of 11 sustainable port performance indicators in three main categories: (i) environmental, (ii) economic and (iii) social. The port sector has incomplete and fragmented public policies. To operate effectively, a sustainable port needs to act and work in accordance with certain indicators described in this study. It is concluded that among the indicators that were raised in the literature and that need to contemplate the “Triple Bottom Line” in sustainable ports, we highlight the management of the environment and energy, transparency in sustainability reports and investment in social projects.*

**KEY WORDS:** Environmental responsibility; Environmental Development; Port Administration; Sustainability



## 1. INTRODUÇÃO

No processo de globalização do mercado mundial, o comércio marítimo é de extrema relevância. O sistema do porto faz parte do mercado marítimo mundial, onde ocorrem trocas entre operadores de transporte terrestre e marítimo. Países com transporte marítimo desenvolvido dedicam especial atenção ao desenvolvimento sustentável dos portos (CHIU; LIN; TING, 2014; CHEON, MALTZ; DOOLEY, 2017). A questão fundamental envolve a integração do transporte terrestre e marítimo, armazenagem e transbordo de mercadorias (VEJVAR et al., 2018).

O desenvolvimento em tecnologia, quantidade e qualidade do transporte marítimo, nos últimos anos, vem se desenvolvendo muito rapidamente. É colocado que o principal desafio a respeito do crescimento do transporte marítimo é o transporte de mercadorias de um lugar para outro de forma economicamente viável e o mais eficiente possível (BJERKAN; SETER, 2019). Os sistemas de transporte dos portos tornaram-se complexos em razão da variedade de cargas que operam e sua localização próxima às regiões de comunidades locais. Por esta razão, é fundamental o gerenciamento correto relacionado a fatores de segurança, saúde ocupacional, segurança, meio ambiente e proteção por parte dos portos (VEJVAR et al., 2018; KIM; CHIANG, 2017).

As responsabilidades ambientais nos portos apresentam grandes desafios a respeito da demanda por mudanças nos processos logísticos e redução das emissões de poluição (ar, água e solo) oriundos das atividades portuárias atuais e futuras (BELEYA et al., 2020; LOZANO et al., 2019). As responsabilidades ambientais estão essencialmente relacionadas às operações de manuseio das embarcações e cargas, planejamento e extensão portuária e acesso ao interior. Além disso, a sociedade e instituições públicas apresentam cobranças aos portos por demandas no desempenho da sua responsabilidade social (HOSSAIN; ADAMS; WALKER, 2019).

Em decorrência da consciência sobre atividades sustentáveis eficientes, rigor nas leis ambientais e obter vantagem competitiva, os sistemas portuários procuram realizar suas operações de maneira sustentável e transparente. Desta forma, vários sistemas dos portos apresentam plataformas de comunicação com a comunidade e demais stakeholders (partes interessadas) sobre suas atividades de operação, porém de formas diferentes, selecionando critérios poucos claros para obtenção dos dados (BJERKAN; SETER, 2019; VIEIRA; BRESCIANI, 2015).

Em razão da representatividade do desempenho sustentável, as atividades de logística, que atuam em conformidade com o princípio do desenvolvimento sustentável,

estão voltando a atenção para a gestão verde e sustentável das atividades do porto. A gestão verde e sustentável apresenta diferentes abordagens com relação à tomada de decisão e estratégias baseadas nas competências e no conhecimento, considerando o risco ambiental envolvido nas atividades e o desenvolvimento sustentável do sistema portuário (HOSSAIN; ADAMS; WALKER, 2019; LINDER, 2018).

Como vários *stakeholders* estão envolvidos nas atividades desempenhadas no porto, a responsabilidade de todos, além da integração da comunicação, é fundamental, com a finalidade de assegurar o desempenho sustentável no serviço portuário. Com a adoção da norma ISO 14001, o desempenho sustentável pode ser obtido por todos os *stakeholders* (DI VAIO; VARRIALE; ALVINO, 2018; VEJVAR et al., 2018).

Existe uma tendência na Europa, de os portos e empresas que prestam serviços portuários, cooperarem com a sustentabilidade estando interconectados e orientados para a comunicação com a comunidade local (JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018). Na Itália, uma pesquisa foi realizada sobre os fatores que dificultam ou impulsionam as empresas portuárias a programarem soluções sustentáveis. A pesquisa retrata o papel dos instrumentos gerenciais nos processos de tomada de decisão para a redução dos efeitos negativos ambientais e energéticos dos portos (DI VAIO; VARRIALE; ALVINO, 2018).

No entanto, apesar do interesse do sistema portuário pelo desenvolvimento sustentável, é surpreendente que tão poucas pesquisas tenham sido realizadas sobre este tema, essencialmente no que diz respeito à harmonia das responsabilidades ambientais e econômicas do sistema portuário com a comunidade local. A pesquisa da comunidade local nos ambientes portuários é escassa: poucas pesquisas têm se concentrado na forma como as autoridades portuárias usam suas competências para interagir com a comunidade local (CHEN; LAM, 2018; LINDER, 2018).

Portanto, tendo em vista as considerações apresentadas, o objetivo deste artigo foi analisar os indicadores de desempenho ambiental, econômico e social dos portos sustentáveis e o impacto no desenvolvimento da comunidade local, na tentativa de responder as seguintes perguntas de pesquisa:

Quais as principais tendências na literatura pesquisada nos aspectos de atualidade, países e periódicos?

Quais os principais indicadores de desempenho ambiental, econômico e social dos portos sustentáveis e o impacto no desenvolvimento da comunidade local?

Esta seção apresentou os objetivos e perguntas de pesquisa do tema proposto. A próxima seção apresenta o referencial teórico abordando o desenvolvimento

sustentável em portos. As seções subsequentes destacam a metodologia com os critérios utilizados na revisão sistemática, apresentando os critérios de eliminação estabelecidos e os estudos mais significativos à discussão da temática proposta. São apresentados resultados com as tendências e evolução do tema, além dos principais indicadores ambientais, sociais e econômicos. O estudo encerra com as considerações finais, limitações e sugestões de pesquisas futuras.

## 2. MARCO TEÓRICO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM PORTOS

Esta seção apresenta o conceito do desenvolvimento sustentável em portos para uma compreensão da estrutura teórica sobre o tema, abordando questões que envolvem o conceito de sustentabilidade, o *“Triple Bottom Line”* nas atividades portuárias e sua influência ambiental, social e econômica na comunidade local.

Os operadores portuários sempre se preocuparam em melhorar a qualidade de vida em toda a área em que o porto está situado. Ao resolver os problemas de desenvolvimento portuário, os princípios de desenvolvimento sustentável precisam ser considerados. No que diz respeito ao progresso dos portos, soluções modernas e sustentáveis são introduzidas na maior medida possível, devido à sua importância para a comunidade local e para a sociedade em geral (LOZANO et al., 2019; OTHMAN et al., 2019).

O porto busca o desenvolvimento sustentável com base em orientações estratégicas, na estratégia de gestão de recursos humanos, bem como na estratégia ambiental e política. Indicadores relevantes envolvem o campo da ecologia, empresa e economia, que estão relacionados ao uso das normas ISO 14000 (VEJVAR et al., 2018).

As questões do desenvolvimento sustentável ambiental, social e econômico representam conceitos que estão relacionados e que são cada vez mais cruciais dentro dos portos marítimos. De acordo com o Relatório de *Brundtland* trata-se do *“desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades”* (BRUNDTLAND, 1991).

O conceito de sustentabilidade foi definido de maneira a considerar essencialmente a qualidade de vida da geração atual e da próxima geração, ou a necessidade de alcançar crescimento econômico para todos os seres humanos, respeitando os recursos naturais e a capacidade ambiental (HOSSAIN; ADAMS; WALKER, 2019; LINDER, 2018; GOMES e MALHEIROS, 2012). Os três componentes principais evidenciados, ou seja, ambiental, econômico e

social, formam o chamado *“Triple Bottom Line”* para o desenvolvimento sustentável que surgiu no início dos anos 80 (ELKINGTON, 1994).

A partir dos anos 1990, os impactos ambientais nas atividades portuárias receberam crescente atenção de pesquisadores e instituições. A indústria marítima e portuária deve seguir os regulamentos ambientais para monitorar e reduzir os efeitos negativos derivados de suas atividades e operações, especialmente em termos de mudanças climáticas e aquecimento global (BJERKAN; SETER, 2019). A questão do desenvolvimento ambiental (uma das três dimensões identificadas da sustentabilidade) torna-se representativa para a política de competitividade comercial e industrial, além dos benefícios sociais e de segurança ambiental (ANDRADE et al., 2018; WANKE, 2013). O desenvolvimento ambiental representa um conceito que tende a crescer em representatividade, essencialmente no cenário dos portos marítimos, pois exerce influência recíproca (PUIG; WOOLDRIDGE; DARBRA, 2014; LINDER, 2018).

No desenvolvimento ambiental, os portos precisam melhorar seu desempenho em relação aos indicadores ambientais. Os portos que tendem a assumir comportamentos ambientalmente sustentáveis e eficientes, por meio de estratégias e indicadores eficazes são definidos como *“portos verdes”* (CHEN et al., 2019; WAN et al., 2018; CHIU; LIN; TING, 2014).

Do ponto de vista gerencial, as literaturas sobre essas questões ainda são escassas, especialmente na definição e aplicação de instrumentos gerenciais úteis, capazes de avaliar, monitorar e medir os efeitos das escolhas verdes e controlar a eficácia dos processos de tomada de decisão das autoridades portuárias (WAN et al., 2018).

Com referência às características identificadas do meio ambiente sustentável, ou seja, poluição do ar e gerenciamento de resíduos, os indicadores gerenciais são essenciais e capazes de apoiar as autoridades portuárias na tomada de decisão e no gerenciamento de suas atividades e operações com relação às normas de sustentabilidade ambiental (CHEN et al., 2019; LOZANO et al., 2019). A pesquisa e a prática sugerem e desenvolvem principalmente indicadores de desempenho operacional e técnico ou, de forma redutiva no âmbito econômico para o desenvolvimento de estratégias e indicadores ambientais, como energias renováveis (JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018).

Estudos na literatura se concentram significativamente na sustentabilidade ambiental e medidas de eficiência de energias renováveis no setor portuário (CHEN et al., 2019; JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018; ANDRADE et al., 2018). O uso de indicadores de desempenho ambiental de

energias renováveis é fundamental para garantir e apoiar o respeito ao desenvolvimento sustentável e energético nas atividades e operações diárias do porto. O conceito de energia renovável é a energia obtida, por meio de procedimentos que são reabastecidos de maneira contínua (CHEN et al., 2019). Isso pode envolver luz solar, água, vento e biomassas, sendo renovada de forma constante não ocorrendo o seu esgotamento (HOSSAIN; ADAMS; WALKER, 2019).

O biocombustível é uma fonte de energia renovável utilizada pelos portos. O biocombustível é qualquer combustível derivado da biomassa, ou seja, material de plantas, algas ou resíduos de animais, sendo este material de alimentação reabastecido prontamente (VEJVAR et al., 2018). Esta é uma fonte de energia que pode ser utilizada pelos portos como uma alternativa econômica e ambientalmente responsável, comparada ao petróleo e outros combustíveis fósseis, particularmente no contexto do aumento dos preços desses combustíveis e do aumento da preocupação sobre suas contribuições no aquecimento global. No entanto, há preocupações sobre o escopo da expansão de determinados biocombustíveis devido aos custos econômicos e ambientais associados ao processo de refino (KANG; KIM, 2017; CHIU; LIN; TING, 2014; HIRANANDANI, 2014).

Sobre a dimensão econômica, refere-se à eficiência das operações comerciais, criando um equilíbrio entre os recursos utilizados na fabricação de produtos e oferecendo serviços às pessoas. Um exemplo de indicador econômico voltado ao desenvolvimento da comunidade local é o investimento da infraestrutura da região, com a finalidade de reduzir os danos causados pelas operações portuárias às pavimentações das vias públicas devido ao transporte terrestre de cargas (CHEN; LAM, 2018; VIEIRA e BRESCIANI, 2015; WOOLDRIDGE; DARBRA, 2014).

A dimensão social diz respeito à necessidade de minimizar os impactos negativos das atividades industriais (JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018; CHEON, MALTZ; DOOLEY, 2017; KUZNETSOV et al., 2015). Os projetos sociais dos portos fazem parte dos indicadores sociais, proporcionando canais de comunicação com a comunidade local, que informam aos moradores a realização de operações que envolvam ruídos e congestionamentos (PUGLIANO; BENASSAI; BENASSAI, 2019; GARG; KASHAV, 2019; ZHEN et al., 2019).

A dimensão social envolve também relações de trabalho, sendo uma responsabilidade realizada pelo setor portuário. A qualidade de vida no trabalho (QVT), por parte dos portos e demais partes envolvidas no setor, deve proporcionar a garantia de direitos humanos aos

trabalhadores de forma correta, além de ofertar oportunidades de profissionalização e crescimento de suas carreiras (JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018).

Os indicadores ambiental, econômico e social relacionados ao setor portuário são representativos para o desenvolvimento do porto sustentável e da comunidade local. O desenvolvimento da comunidade local é uma abordagem holística, baseada em princípios de justiça social, direitos humanos e inclusão (MARZI; LOGOZAR, 2019). As políticas públicas voltadas ao setor portuário acabam sendo fundamentadas em conceitos conservadores e ficam restritas ao fator econômico, portanto, é necessária a adoção de um novo paradigma em razão das mudanças sociais, uma vez que indicadores exclusivamente econômicos não atendem as necessidades da comunidade (CHEN; LAM, 2018; BARBIERI et al., 2010).

### 3. MÉTODOS

Esta revisão bibliográfica identifica estudos sobre indicadores ambientais, econômicos e sociais na transição de portos para a sustentabilidade e sugere medidas para a integração de portos sustentáveis com a comunidade local. Embora o conceito de sustentabilidade seja amplamente discutido (VEJVAR et al., 2018) as definições de porto sustentável normalmente envolvem a denominada "*Triple Bottom Line*" (TBL), sugerindo que o desenvolvimento sustentável é alcançado quando as dimensões ambiental, econômica e social são integradas de forma conjunta (ELKINGTON, 1994). O principal objetivo de um porto sustentável é alcançar o conceito de um porto seguro e aceitável pela sociedade, de forma ambientalmente e socialmente amigável, enquanto o mesmo maximiza o lucro econômico (LIM et al., 2019).

Foi estabelecido um processo de identificação, seleção e revisão de artigos científicos abordando esta questão. A pesquisa bibliográfica não limitou recorte temporal, os estudos relevantes foram identificados nas bases de dados *ScienceDirect*, *Scopus* e *Web of Science*, incluindo artigos de periódicos, sendo que os artigos de conferências foram eliminados. As bases de dados *Web of Science (WoS)* e *Scopus* foram utilizadas por serem maiores bases no campo multidisciplinar em referências bibliográficas. Além disso, as bases são referências de publicações de alto impacto em pesquisas aplicadas e básicas (NORRIS; OPPENHEIM, 2007). A *ScienceDirect*, por meio de sofisticadas ferramentas de pesquisa, é a líder da Elsevier em literatura acadêmica por revisão de pares, apresenta publicações na área de qualidade de vida no trabalho (QVT) o que auxiliou na busca por indicadores da dimensão social (ELSEVIER, 2020).

A pesquisa foi dividida em duas categorias principais de palavras-chave. A primeira categoria identifica o sistema portuário e suas operações como o principal interesse, enquanto a segunda reflete o interesse pelas operações das empresas e indústrias portuárias relacionadas com os indicadores ambientais, econômicos e sociais. Esta pesquisa proporciona uma ampla abordagem na determinação de indicadores da sustentabilidade relevantes para a transição do porto sustentável integrando a responsabilidade ambiental, econômica e social. Para definição da combinação das palavras-chave, símbolos de truncagem e operadores booleanos foram utilizados da seguinte forma: "port operation\*" OR "port compan\*" OR "port industr\*" AND ("sustainable development" OR sustainability).

Os programas *Mendeley* e *Microsoft Excel* foram utilizados para a realização deste método de pesquisa. Além disso, a ferramenta *VOSviewer* foi utilizada para construção de um mapa visual que analisa a coocorrência de palavras-chave. Por meio da análise dos clusters é possível destacar as principais tendências que estão sendo publicadas dentro da temática abordada (VAN ECK; WALTMAN, 2014; DZIKOWSKI, 2018).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa nas bases de dados retornou os seguintes resultados: *Scopus* (129 artigos), *Web of Science* (412 artigos) e *ScienceDirect* (167 artigos), totalizando um resultado de 717 artigos, os quais foram classificados nas seguintes categorias relevantes, como mostra a Tabela 01:

Categorias relevantes	Quantidade de artigos
Estudos Ambientais	232
Energia e Combustíveis	190
Transporte	162
Tecnologia Sustentável e Gestão Verde	81
Engenharia Ambiental	52

**Tabela 01:** Classificação das Categorias Relevantes  
**Fonte:** Dados da pesquisa (2020).

Após esta etapa, foram levantadas todas as bibliografias e depois foram excluídas as duplicadas, obtendo um resultado de 569. As publicações foram revisadas por meio da leitura dos títulos, resumos e introduções, no qual foram eliminados os artigos que não estavam relacionados com a proposta deste estudo. A Tabela 02 apresenta os critérios que foram estabelecidos para exclusão:

Critério	Descrição dos critérios	Quantidade de artigos
Duplicados	Artigos que se repetiram nas bases foram eliminados.	148
Tipo do artigo	Foram eliminados artigos que não pertenciam às áreas de administração, ciências contábeis, economia ou engenharias.	82
Objeto de estudo	Artigos que não abordaram o Desenvolvimento Sustentável.	194
Campo de Estudo	Artigos que não tinham como campo de estudo a área portuária em integração com a comunidade local.	271
Total		695

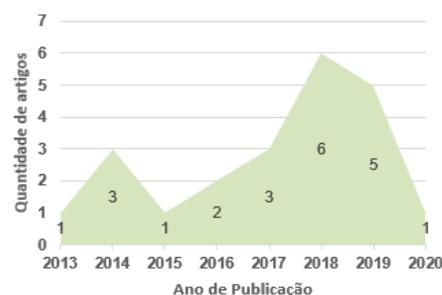
**Tabela 02:** Critérios de exclusão de artigos  
**Fonte:** Dados da pesquisa (2020).

É interessante notar que os resultados mostram pesquisas que apresentam o desenvolvimento sustentável como objeto de estudo, no entanto, apenas no âmbito ambiental e/ou econômico. Esses estudos foram eliminados, pois a pesquisa adotou o conceito de porto sustentável baseado no "Triple Bottom Line", onde para um porto atingir o desenvolvimento sustentável, as responsabilidades ambiental, econômica e social devem estar integradas. Após os critérios de eliminação, 22 artigos permaneceram ao portfólio final para análise dos conteúdos.

Esta seção apresenta os resultados obtidos e a discussão da análise dos 22 artigos do portfólio final. A seção é dividida em principais tendências da literatura, com ano de publicação, países, periódicos, além de uma análise de coocorrência de palavras-chave. A próxima subseção aborda os 11 indicadores ambientais, econômicos e sociais que foram identificados na temática de portos sustentáveis.

##### 4.1. Principais tendências na literatura

Os artigos revisados estão relacionados com energia (9 artigos), emissões (7 artigos), transporte (4 artigos) e gestão verde (2 artigos). A Figura 01 demonstra que as publicações foram identificadas a partir do ano de 2013.



**Figura 01:** Ano de publicação do portfólio de artigos  
**Fonte:** Dados da pesquisa (2020).

Em três publicações de 2014, Chiu, Lin e Ting (2014), Hiranandani (2014) e Puig, Wooldridge e Darbra (2014), identificam e descrevem iniciativas nos portos. Os autores descrevem medidas implementadas para monitorar o desempenho das condições operacionais, como manuseio de resíduos perigosos, poluição do ar, poluição da água, vegetação portuária e manutenção da qualidade do habitat, além de comparar e classificar os objetivos dos portos entre a comunidade local.

Em um estudo recente, Chen et al. (2019), descrevem que o desenvolvimento de um porto sustentável e inteligente é um progresso significativo na aplicação específica de conservação de energia e redução de emissões, além de tecnologias inteligentes e projetos sociais nos setores de portos e navegação marítima global. Hossain, Adams e Walker (2019), descrevem que a sociedade espera cada vez mais que os portos equilibrem o crescimento econômico com os impactos sociais e ambientais. Os artigos revisados envolvem diversas perspectivas e confirmam a visão de Othman et al. (2019), de que os estudos relacionados ao porto sustentável adotam uma ampla abordagem.

Os 22 artigos são publicados em 15 periódicos diferentes. A seguir, a Tabela 03 apresenta os periódicos que apresentaram mais de uma publicação e o fator de impacto conforme a classificação do JCR 2019 (JOURNAL CITATION REPORTS).

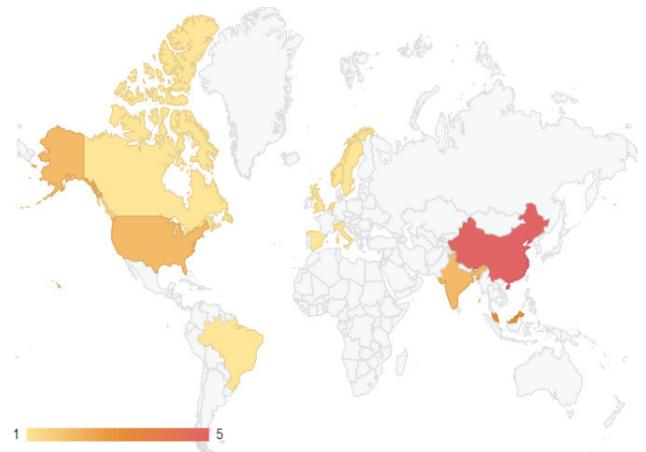
Periódicos	Quantidade de publicações	JCR
Transportation Research Part D: Transport and Environment	4	4,577
Maritime Policy and Management	4	3,152
Marine Policy	2	3,228

**Tabela 03:** Periódicos por quantidade de publicações e JCR  
**Fonte:** Dados da pesquisa (2020).

Como resultado desta análise, percebe-se que o periódico *“Transportation Research Part D: Transport and Environment”* é o que apresenta maior quantidade de publicações e é avaliado com maior fator de impacto. Os estudos dos autores que publicaram neste periódico, abordam o conceito de desenvolvimento sustentável em portos relacionando com o crescimento econômico, desenvolvimento ambiental e social.

Além disso, os autores destacam que os portos estão sob crescente pressão para aumentar a sustentabilidade, reduzir com os impactos de emissões locais e globais associados às suas operações e contribuir com o desenvolvimento da comunidade local (GARG; KASHAV, 2019; WAN et al, 2018; VEJVAR et al., 2018; LINDER, 2018).

A Figura 02 apresenta a quantidade de publicações de acordo com o país de origem:



**Figura 02:** Quantidade de publicações por país  
**Fonte:** Autores (2020).

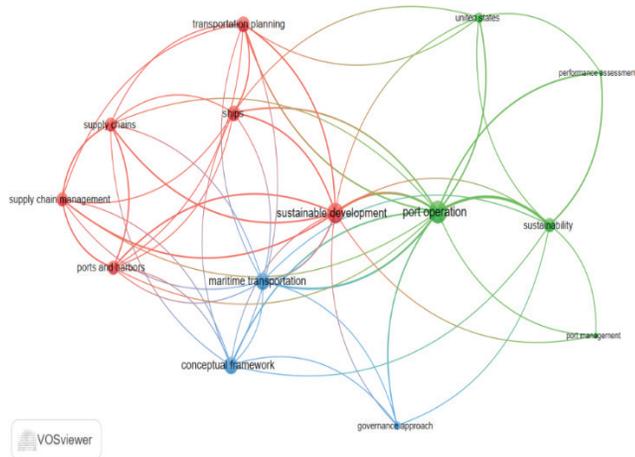
Os países que aparecem com maior quantidade de publicações são China (5) e Malásia (3). O autor Wan et al. (2018), retrata que o porto de Singapura na China é o segundo maior do mundo em movimentação de contêineres. Em razão destas grandes movimentações, os moradores de Singapura apresentam problemas de saúde em termos de poluição.

Entretanto, apesar da China apresentar altas concentrações de poluições, esforços estão sendo tomados por parte do governo para amenizar os impactos ambientais e principalmente os sociais relacionados à comunidade local dos municípios portuários (CHIU; LIN; TING, 2014). Alguns resultados já podem ser vistos em Singapura, pois medidas estão sendo tomadas, tais como, uso de caminhões movidos a gás natural, instalação de guindastes elétricos para substituir unidades movidas a diesel, além de canais de comunicação com a comunidade local para atender a sugestões e reclamações (BELEYA et al., 2020; WAN et al., 2018)

Porto de Klang é o maior porto da Malásia, que movimenta mais da metade do comércio de contêineres no país (PKA, 2019). Nos últimos dez anos, a Malásia está enfrentando graves problemas ambientais, incluindo aumentos rápidos no consumo de energia que causaram a redução dos recursos primários não renováveis (OTHMAN et al., 2019). Na Malásia, a localização dos portos marítimos costuma ser próxima de áreas urbanas povoadas, o que significa expor milhões de pessoas à poluição. Essa poluição é normalmente causada por equipamentos ineficientes, veículos utilizados nos portos, incluindo caminhões e métodos tradicionais de movimentação de carga com equipamentos de geração antiga (BELEYA et al., 2020).

Os portos da Malásia são considerados ineficientes, quando comparados ao porto de Singapura em termos de práticas sustentáveis, devido a infraestruturas desatualizadas. Uma das principais barreiras para os portos da Malásia implementarem práticas sustentáveis, é a falta de consciência ambiental e social por parte das empresas do setor portuário que prestam serviços (BELEYA et al., 2020; CHEN; LAM, 2018).

A Figura 03 apresenta a coocorrência de palavras-chave que aparecem com mais frequência. Foi utilizado o método de contagem completa, com número mínimo de duas ocorrências, resultando em um total de 14 palavras-chave de um total de 112.



**Figura 03:** Coocorrência de palavras-chave  
**Fonte:** Autores (2020).

Verifica-se a formação de três clusters com um total de 82 elementos de ligação. Percebe-se que o maior cluster é o vermelho formado por seis palavras-chave que envolvem: “sustainability”, “port development”, “green port”, “China”, “environmental impact” e “maritime transportation”. Diversos autores relacionam o estudo de portos sustentáveis com impacto ambiental no transporte marítimo, com destaque para estudos na China (WAN et al., 2018; LU; LAI; CHIANG, 2016; CHIU; LIN; TING, 2014).

O segundo maior cluster é o verde, formado por cinco palavras-chave que envolvem: “sustainable development”, “stakeholder”, “ports and harbors”, “planning” e “ports”. Destaca-se a tendência de incluir uma análise dos stakeholders em pesquisas de portos sustentáveis, com o objetivo de avaliar toda a cadeia logística portuária (CHEN et al., 2019; JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018; KIM; CHIANG, 2017; PUIG; WOOLDRIDGE; DARBRA, 2014).

## 4.2 Análise de indicadores ambientais, econômicos e sociais

De acordo com os problemas apresentados, os esforços para atingir o desenvolvimento sustentável (DS) são definitivamente inevitáveis. Para isso, os indicadores ambientais, econômicos e sociais para portos sustentáveis são identificados, por meio da referência ou discussão de medidas que podem ser ou foram implementadas nos portos. A análise dos artigos forneceu uma visão das práticas sustentáveis e identificou descobertas importantes. Essas descobertas foram agrupadas e usadas para definir as categorias das práticas sustentáveis, que se referiram a indicadores ambientais, econômicos e sociais e foram classificados em subcategorias dos principais indicadores sustentáveis dos portos, conforme a Tabela 04.

Indicadores Ambientais	Indicadores Econômicos	Indicadores Sociais
Gestão do meio ambiente e energia (10) Mudança climática (6) Biocombustíveis (4) Energia solar (2) Energia eólica (2)	Transparência nos relatórios de sustentabilidade (8) Investimentos na infraestrutura da região (3)	Projetos Sociais (7) Canais de comunicação com a população (4) Integração com as universidades (2) Qualidade de vida no trabalho (1)

**Tabela 04:** Categorias e subcategorias dos indicadores sustentáveis dos portos  
**Fonte:** Dados da pesquisa (2020).

Os indicadores ambientais dos portos podem ser identificados na gestão do meio ambiente e energia, tais como o uso de energias renováveis, por meio de biocombustíveis (LU; LAI; CHIANG, 2016; JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018; VEJVAR et al., 2018).

Os indicadores econômicos são identificados no uso de relatórios de sustentabilidade por parte dos portos, e como as informações sobre investimento de recursos financeiros chegam à população. Um exemplo, é o investimento que é destinado a melhorias e conservação da infraestrutura da região que acaba sendo impactada pelas atividades e operações portuárias (CHEON, MALTZ; DOOLEY, 2017; CHIU; LIN; TING, 2014; PUIG; WOOLDRIDGE; DARBRA, 2014).

Os indicadores sociais são respaldados no impacto tanto do ambiental quanto do econômico na sociedade, mais especificamente voltado aos moradores da comunidade local (GARG; KASHAV, 2019; ZHEN et al., 2019). A Tabela 05 apresenta as publicações relacionadas aos indicadores ambientais:

Gestão do meio ambiente e energia
Chen et al. (2019); Othman et al. (2019); Hossain, Adams e Walker (2019); Lozano et al. (2019); Di Vaio, Varriale e Alvino (2018); Wan et al. (2018); Kim e Chiang (2017); Lu, Lai e Chiang (2016); Kuznetsov et al. (2015); Chiu, Lin e Ting, 2014; Puig, Wooldridge e Darbra (2014).

<b>Mudança climática</b>	
Hossain, Adams e Walker (2019); Di Vaio, Varriale e Alvino (2018); Wan et al. (2018); Kang e Kim (2017); Lu, Lai e Chiang (2016); Kuznetsov et al. (2015).	
<b>Biocombustíveis</b>	
Vejvar et al. (2018); Kang e Kim (2017); Chiu, Lin e Ting, 2014; Hiranandani (2014).	
<b>Energia eólica</b>	<b>Energia solar</b>
Jansen, Van Tulder e Afrianto, 2018; Kang e Kim (2017).	Beleya et al. (2020); Kang e Kim (2017).

**Tabela 05:** Publicações sobre os indicadores ambientais  
**Fonte:** Dados da pesquisa (2020).

Nos indicadores ambientais o tema que mais se destaca em quantidade de publicação é a “gestão do meio ambiente e energia”. O gerenciamento de energia parece ser uma característica proeminente dos indicadores gerenciais para portos sustentáveis, e uma grande parte das publicações que discutem gerenciamento de energia refere-se a sistemas de gerenciamento ambiental (LOZANO et al., 2019; DI VAIO; VARRIALE; ALVINO, 2018; LU; LAI; CHIANG, 2016; KUZNETSOV et al., 2015; PUIG; WOOLDRIDGE; DARBRA, 2014). Embora os portos europeus sejam incentivados pela Organização Europeia do Porto Marítimo a desenvolver planos de gerenciamento ambiental, apenas metade dos portos europeus adota o sistema de gerenciamento ambiental (PUIG; WOOLDRIDGE; DARBRA, 2014).

Os principais desafios dos portos com o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento ambiental adequado se relacionam a equilibrar objetivos econômicos e ecológicos (CHEN et al., 2019; OTHMAN et al., 2019). Alguns portos também definem planos dedicados para gerenciamento de energia ou estratégias de municípios que incluem medidas direcionadas a energias renováveis, redução do consumo de energia, promoção da mobilidade ecológica, proteção ambiental e redução da poluição (KIM; CHIANG, 2017; LU; LAI; CHIANG, 2016).

O monitoramento das emissões pode incluir o terminal e o porto como um todo, bem como o transporte marítimo e terrestre. O monitoramento refere-se ao desenvolvimento de indicadores de desempenho ambiental que permitem avaliações do consumo de energia e gestão de riscos ambientais (HOSSAIN; ADAMS; WALKER, 2019; DI VAIO; VARRIALE; ALVINO, 2018; KANG; KIM, 2017).

Kang e Kim (2017) descrevem fontes de energias renováveis como potenciais práticas de sustentabilidade para melhorar a viabilidade em longo prazo das operações portuárias, incluindo energia eólica e energia solar. Portanto, esses são indicadores relevantes para melhorar o desempenho do porto sustentável.

A matriz energética em nível mundial vem passando por intensas modificações, nas quais os recursos convencionais acabam não atendendo a demanda existente (MENDONÇA; BORNIA, 2019). Algumas publicações destacam experiências práticas com energia eólica nos portos, que foram implementadas em portos como Hamburgo e Roterdã. Já a energia solar está no planejamento dos portos de Veneza e San Diego (JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018; KANG; KIM, 2017). Essas publicações não discutem como a energia solar é usada, mas Kang e Kim (2017) sugerem que a energia solar pode ser usada para o acionamento de guindastes.

O biodiesel e o biogás (biocombustíveis) representam uma oportunidade para o setor portuário, relacionado aos portos que operam com matérias-primas na produção, armazenamento e distribuição de biocombustíveis (VEJVAR et al., 2018; HIRANANDANI, 2014). Não aparecem, no entanto, como uma questão de destaque nas publicações e além das descrições do programa “Porto Bio” em Roterdã, quase não existem relatos de experiências com biocombustíveis nos portos. Uma razão poderia ser a disponibilidade do biocombustível de forma limitada para o setor de transporte (KANG; KIM, 2017; CHIU; LIN; TING, 2014).

Os indicadores ambientais, com o uso de biocombustíveis impactam em melhorias na saúde da comunidade local, o que se percebe é que os indicadores ambientais devem estar integrados não apenas economicamente, mas também socialmente (HOSSAIN; ADAMS; WALKER, 2019; KANG; KIM, 2017).

Foram identificados os indicadores dos portos sustentáveis voltadas ao desenvolvimento da comunidade local, baseado no âmbito econômico, como mostra a Tabela 06:

<b>Transparência nos relatórios de sustentabilidade</b>	<b>Investimentos na infraestrutura da região</b>
Lozano et al. (2019); Hossain, Adams e Walker (2019); Chen e Lam (2018); Di Vaio, Varriale e Alvino (2018); Vejvar et al. (2018); Cheon, Maltz e Dooley (2017); Kuznetsov et al. (2015); Puig, Wooldridge e Darbra (2014); Wanke (2013)	Di Vaio, Varriale e Alvino (2018); Kang e Kim (2017); Chiu, Lin e Ting (2014)

**Tabela 06:** Publicações sobre os indicadores econômicos  
**Fonte:** Dados da pesquisa (2020).

Nas publicações sobre indicadores econômicos, a temática “transparência nos relatórios de sustentabilidade” é a que mais se destaca dentre os pesquisadores. Como várias partes interessadas estão envolvidas na implementação da atividade do porto, a divisão de

responsabilidades é de extrema importância, também na comunicação. Diversos autores abordam que para essa transparência na comunicação cabe à adoção da norma ISO 14001 (HOSSAIN; ADAMS; WALKER, 2019; CHEON, MALTZ; DOOLEY, 2017; KUZNETSOV et al., 2015; PUIG; WOOLDRIDGE; DARBRA, 2014; WANKE, 2013). Na Europa, existe uma tendência de as empresas prestadoras de serviços portuários estarem orientadas para a sustentabilidade e apresentarem mensalmente relatórios que indicam o investimento em políticas sustentáveis de forma ética e transparente (KUZNETSOV et al., 2015).

Em termos do programa de monitoramento ambiental, o porto de Gênova na Itália demonstra que os principais processos dizem respeito à gestão de resíduos, qualidade da água, ruído, qualidade do ar, qualidade de sedimentos, biodiversidade e qualidade do solo. O porto adota o modelo ISO 14001, os relatórios de sustentabilidade são divulgados e colocados à disposição de acesso a comunidade (DI VAIO; VARRIALE; ALVINO, 2018).

As publicações demonstram que os portos apresentam tendência a investirem em infraestrutura na região local onde estão situados. Isso ocorre em decorrência dos impactos ocasionados pelos serviços portuários, como poluição do solo e do ar devido ao transporte terrestre, deterioração da infraestrutura das estradas, entre outros (DI VAIO; VARRIALE; ALVINO, 2018; KANG; KIM, 2017; CHIU; LIN; TING, 2014). No entanto, não foram identificadas pesquisas empíricas que relatem este investimento na infraestrutura e a sua relação com o bem-estar da comunidade local. A Tabela 07 apresenta as publicações relacionadas aos indicadores sociais:

Projetos Sociais	Canais de comunicação com a população
Pugliano, Benassai e Benassai (2019); Garg e Kashav (2019); Zhen et al. (2019); Di Vaio, Varriale e Alvino, 2018; Linder (2018); Kuznetsov et al. (2015); Hiranandani (2014).	Zhen et al. (2019); Linder (2018); Kuznetsov et al. (2015); Hiranandani (2014).
Integração com as universidades	Qualidade de vida no trabalho
Jansen, Van Tulder e Afrianto (2018); Kang e Kim (2017).	Jansen, Van Tulder e Afrianto (2018); Kuznetsov et al. (2015).

**Tabela 07:** Publicações sobre os indicadores sociais  
**Fonte:** Dados da pesquisa (2020).

Percebe-se que nos indicadores sociais, o tema “projetos sociais” é o que aparece com maior número de publicações. Vários autores apresentam o conceito do porto como socialmente responsável, apresentando objetivos que

atendem aos interesses das partes interessadas (governo, comunidade local, clientes e fornecedores) integrando-os ao planejamento das ações, buscando a satisfação da demanda de todos os envolvidos (PUGLIANO; BENASSAI; BENASSAI, 2019; ZHEN et al., 2019; DI VAIO; VARRIALE; ALVINO, 2018; LINDER, 2018; KUZNETSOV et al., 2015).

Os portos são pressionados cada vez pela sociedade a apresentarem comportamentos que atendam as demandas sociais, como preservar a saúde e bem-estar da comunidade local na área onde estão localizados (KUZNETSOV et al., 2015; HIRANANDANI, 2014). Além disso, cada vez mais projetos sociais por parte dos portos estão sendo desenvolvidos, com a finalidade de melhoria na educação e profissionalização da região do entorno (LINDER, 2018; HIRANANDANI, 2014).

Mesmo com a importância do setor portuário para movimentar a economia de um município onde se encontra localizado, há uma falta de eficiência na comunicação integrada entre porto e comunidade. Dentre os impactos causados pela falta de comunicação porto e comunidade, está a qualidade de vida dos moradores da região (JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018). Dentre as opções para facilitar a comunicação entre estes dois grupos, está a criação de uma plataforma de comunicação onde a comunidade possa indicar sugestões e reclamações. Operações portuárias que envolvem barulhos, luzes, congestionamentos precisam ser comunicadas aos moradores da região (ZHEN et al., 2019; LINDER, 2018; HIRANANDANI, 2014).

Outro fator que aparece nas publicações, porém em menor destaque, é a necessidade da integração porto e universidades, para auxiliar no atendimento das demandas da população (JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018; KANG; KIM, 2017). Além disso, outro tema representativo e que aparece com pouco destaque na literatura são as políticas de qualidade de vida no trabalho (QVT) para os colaboradores que atuam no setor portuário, onde as mesmas devem ser desenvolvidas pelo porto e demais empresas prestadoras de serviços, estas políticas de QVT envolvem salário justo, segurança e saúde no local de trabalho (JANSEN; VAN TULDER; AFRIANTO, 2018; KUZNETSOV et al., 2015).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os portos enfrentam demandas crescentes por sustentabilidade. A revisão de literatura mostra que o estado da pesquisa pode ser caracterizado como um campo de pesquisa diversificado, pois a pesquisa sobre sustentabilidade portuária se origina de muitas áreas acadêmicas, incluindo administração e negócios, economia e engenharias.

A ampla abordagem para definir os indicadores ambientais, econômicos e sociais garante que todas as medidas potencialmente eficazes para transições de sustentabilidade nos portos sejam incluídas, e a revisão de 22 publicações entre 2013 e 2020 identifica 11 diferentes indicadores dos portos sustentáveis em três categorias principais: ambiental, econômica e social.

A questão mais importante abordada na literatura é, sem dúvida, integrar os indicadores ambientais, econômicos e sociais no desenvolvimento da comunidade local, para alcançar o conceito de porto sustentável. Apesar da grande variedade de indicadores sustentáveis discutidos, esta literatura geral provavelmente não apoiará de forma suficiente as autoridades portuárias na priorização de diferentes ações para integrar seus indicadores de sustentabilidade, de forma que os objetivos estejam voltados ao desenvolvimento da comunidade local.

A revisão revela poucas pesquisas empíricas sobre ações de sustentabilidade nos portos, e há poucos relatos de experiências reais dos portos e da comunidade que habita municípios portuários. Com relação à aplicação dos indicadores, pergunta-se como a lacuna entre porto e comunidade se relaciona à dificuldade ao acesso de informações dos portos. Além disso, os tomadores de decisões portuárias normalmente são impulsionados por lucros econômicos de curto prazo, ao longo do planejamento da sustentabilidade.

A desconexão entre comunidade local, por um lado, e as autoridades do setor portuário, por outro lado, levanta a questão de como reduzir o distanciamento entre esses dois grupos. A revisão é, portanto, uma investigação do conhecimento e competência dos portos com relação aos indicadores de desempenho ambientais, econômicos e sociais voltados ao desenvolvimento da comunidade local. Como tal, uma melhor compreensão dos processos de tomada de decisão dos portos e sua influência na implementação de indicadores sustentáveis é uma via interessante para o progresso da pesquisa em portos sustentáveis.

Nas limitações da revisão, o estudo inclui apenas publicações de periódicos, este artigo exclui uma literatura sobre práticas implementadas e iniciativas em andamento encontradas em relatórios de sustentabilidade dos portos e de livre acesso ao público. Como tal, este artigo não pretende fornecer uma visão geral completa dos indicadores ambientais, econômicos e sociais que impactam no desenvolvimento da comunidade local. Em vez disso, o artigo foca na identificação do estado da pesquisa quando se trata destes indicadores de desempenho para um porto sustentável e que atende as demandas da comunidade local.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. F. G. et al. **Aplicação da base ecossistêmica na gestão ambiental de portos.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, v.44, n.2, p. 76-103, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v44i0.54999>
- BARBIERI, J. C et al. **Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições.** RAE, Revista de Administração de Empresas. v.50, n.2, p. 146-154, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-75902010000200002>
- BELEYA, P. et al. **Challenges in attaining sustainable development goals in port Klang: Port management perspective.** International Journal of Supply Chain Management, v. 9, n. 1, p. 349-355, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85080857794&partnerID=40&md5=48e74a264d6e412dec4c9ce0536c0a25>
- BRUNDTLAND, G. H. **Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento.** 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- CHEN, C.; LAM, J. S. L. **Sustainability and interactivity between cities and ports: a two-stage data envelopment analysis (DEA) approach.** Maritime Policy and Management, v. 45, n. 7, p. 944-961, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03088839.2018.1450528>
- CHEN, J. et al. **Constructing Governance Framework of a Green and Smart Port.** Journal of Marine Science and Engineering, v. 7, n. 4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jmse7040083>
- CHEON, S.; MALTZ, A.; DOOLEY, K. **The link between economic and environmental performance of the top 10 U.S. ports.** Maritime Policy and Management, v. 44, n. 2, p. 227-247, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03088839.2016.1275860>
- CHIU, R.-H.; LIN, L.-H.; TING, S.-C. **Evaluation of green port factors and performance: A fuzzy AHP analysis.** Mathematical Problems in Engineering, v. 2014, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2014/802976>
- DI VAIO, A.; VARRIALE, L.; ALVINO, F. **Key performance indicators for developing environmentally sustainable and energy efficient ports: Evidence from Italy.** Energy Policy, v. 122, p. 229-240, 2018.
- DZIKOWSKI, P. **A bibliometric analysis of born global firms.** Journal of Business Research, v.85, n.1, p. 281-294, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.12.054>
- ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca.** São Paulo:

Makron Books, 2001.

ELSEVIER. Research Platforms. Disponível em: <https://www.elsevier.com/pt-br/research-platforms>. Acesso em: 20 de set. 2020.

GARG, C. P.; KASHAV, V. **Evaluating value creating factors in greening the transportation of Global Maritime Supply Chains (GMSCs) of containerized freight.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 73, p. 162–186, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.06.011>.

GOMES, P. R.; MALHEIROS, T. F. **Proposta de análise de indicadores ambientais para apoio na discussão da sustentabilidade.** *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v.8, n.2, p.151-169, 2012.

HIRANANDANI, V. **Sustainable development in seaports: A multi-case study.** *WMU Journal of Maritime Affairs*, v. 13, n. 1, p. 127–172, 2014.

HOSSAIN, T.; ADAMS, M.; WALKER, T. R. **Sustainability initiatives in Canadian ports.** *MARINE POLICY*, v. 106, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103519>.

JANSEN, M.; VAN TULDER, R.; AFRIANTO, R. **Exploring the conditions for inclusive port development: the case of Indonesia.** *Maritime Policy and Management*, v. 45, n. 7, p. 924–943, 2018.

KANG, D.; KIM, S. **Conceptual model development of sustainability practices: The case of port operations for collaboration and governance.** *Sustainability (Switzerland)*, v. 9, n. 12, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su9122333>

KIM, S.; CHIANG, B. G. **The role of sustainability practices in international port operations: an analysis of moderation effect.** *Journal of Korea Trade*, v. 21, n. 2, 2017.

KUZNETSOV, A. et al. **Towards a sustainability management system for smaller ports.** *Marine Policy*, v. 54, p. 59–68, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.12.016>.

LINDER, A. **Explaining shipping company participation in voluntary vessel emission reduction programs.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 61, p. 234–245, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.07.004>

LOZANO, R. et al. **Analysing sustainability changes in seaports: Experiences from the Gävle Port Authority.** *Sustainable Development*, v. 27, n. 3, p. 409–418, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/sd.1913>.

LU, C.-S.; LAI, P.-L.; CHIANG, Y.-P. **Container terminal employees' perceptions of the effects of**

**sustainable supply chain management on sustainability performance.** *Maritime Policy and Management*, v. 43, n. 5, p. 597–613, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03088839.2016.1190471>

MARZI, B.; LOGOZAR, K. **Cooperation Between a Port and Local Community In Light of Sustainable Development.** *European Journal of Sustainable Development*, v. 8, n. 4, p. 337–346, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2019.v8n4p337>.

MENDONÇA, A. K. de S.; BORNIA, A. C. **Oportunidades para a difusão da energia eólica e solar em sistemas isolados no Brasil: barreiras e facilidades evidenciados na literatura.** *Mix Sustentável*, v. 5, n.3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n3.81-92>

NORRIS, M.; OPPENHEIM, C. **Comparing alternatives to the Web of Science for coverage of the social sciences literature.** *Journal of Informetrics*, v.1, n.2, p. 161-169, 2007.

OTHMAN, M. K. et al. **The Sustainable Port Classification Framework for Enhancing the Port Coordination System.** *Asian Journal of Shipping and Logistics*, v. 35, n. 1, p. 13–23, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.03.003>

PKA. Port Klang - Background Malaysia's Principal Port. Disponível em: <https://www.pka.gov.my/index.php/en/about-us/port-klang-authority/background>. Acesso em: 25 de set. 2020.

PUIG, M.; WOOLDRIDGE, C.; DARBRA, R. M. **Identification and selection of Environmental Performance Indicators for sustainable port development.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 81, n. 1, p. 124–130, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.006>

VAN ECK, N.; WALTMAN, L. **Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping,** *Scientometrics*, v.84, n.2, p. 523-538, 2009.

VEJVAR, M. et al. **Strategic responses to institutional forces pressuring sustainability practice adoption: Case-based evidence from inland port operations.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 61, p. 274–288, 2018.

VIEIRA, S. T. P.; BRESCIANI, L. P. **Competências territoriais em perspectivas teóricas e empíricas: o caso do Complexo Portuário de Santos, SP.** *Revista Brasileira de Gestão de Desenvolvimento Regional*, v.11, n.1, p.243-272, 2015.

WAN, C. et al. **A novel model for the quantitative evaluation of green port development – A**

**case study of major ports in China.** Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 61, p. 431–443, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102317>.

WANKE, P. F. **Physical infrastructure and shipment consolidation efficiency drivers in Brazilian ports: A two-stage network-DEA approach.** Transport Policy, v. 29, n. SI, p. 145–153, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.05.004>

ZHEN, L. et al. **Operation management of green ports and shipping networks: overview and research opportunities.** Frontiers of Engineering Management, v. 6, n. 2, p. 152–162, jun. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42524-019-0027-2>

## AUTORES

ORCID: 0000-0003-1913-9275

**LUCIANESILVAFRANCO, M.Sc.** | Universidade Estadual do Centro-Oeste | Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Desenvolvimento Comunitário, PPGDC | Irati | PARANÁ (PR) – Brasil | Correspondência para: R. Professora Maria Roza Zanon de Almeida, s/n, Bairro Engenheiro Gutierrez, Irati – PR, (84505-677) | E-mail: lu05-franco@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-9957-225X

**SERGIO LUIS DIAS DOLIVEIRA, Dr.** | Universidade Estadual do Centro-Oeste | Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Desenvolvimento Comunitário, PPGDC | Irati | PARANÁ (PR) – Brasil | E-mail: sldd@uol.com.br

ORCID: 0000-0003-1616-2648

**ANTONIO CARLOS FRANCO, M.Sc.** | Universidade Estadual do Centro-Oeste | Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Desenvolvimento Comunitário, PPGDC | Irati | PARANÁ (PR) – Brasil | E-mail: francoanfc@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-0282-2599

**SIMONE SOARES, M.Sc.** | Universidade Estadual do Centro-Oeste | Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Desenvolvimento Comunitário, PPGDC | Irati | PARANÁ (PR) – Brasil | E-mail: simosoares@gmail.com

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

FRANCO, Luciane Silva; DOLIVEIRA, Sergio Luis Dias, FRANCO, Antonio Carlos; SOARES, Simone. Portos Sustentáveis E Os Indicadores De Desempenho Ambiental, Econômico E Social Para O Desenvolvimento Da Comunidade Local: Uma Revisão Sistemática. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 99-110, ago. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexus.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n3.99-110>.

**DATA DE ENVIO:** xx/xx/xxxx

**DATA DE ACEITE:** xx/xx/xxxx

# TELHADOS VERDES: UMA PROPOSTA PARA O USO DE ESPÉCIES NATIVAS DO BRASIL

*GREEN ROOFS: A PROPOSAL FOR USE NATIVE SPECIES IN BRAZIL*

DOUGLAS SANTOS OLIVEIRA | IBT

DOMINGOS SAVIO RODRIGUES, Dr. | IBT

CLOVIS JOSÉ FERNANDES DE OLIVEIRA JR., Dr. | IBT

## RESUMO

Devido à piora na qualidade ambiental nas zonas urbanas e no planeta como um todo, o uso de técnicas que possam mitigar os efeitos indesejados da intensa urbanização tem despontado, entre elas, a construção de telhados verdes. Diante desta necessidade de formas mais ecológicas para urbanização, este estudo se propôs a analisar os telhados verdes como estratégia de mitigação da perda de qualidade ambiental nas cidades e também como local para inserção de espécies nativas da flora. O estudo foi realizado por meio de revisão de literatura científica e abordou uma pequena introdução com o atual uso dos telhados verdes pelo mundo, a relação entre o uso dos telhados verdes e os serviços ecossistêmicos e o potencial das espécies nativas para composição destes jardins. O uso dessa técnica e os estudos sobre as espécies vegetais indicadas em sua composição são raros no Brasil e, mesmo em escala global, muitas vezes, limitadas a opções exóticas à maioria das localidades. Os resultados também apresentam uma série de benefícios ambientais pela inserção da técnica. Apontam-se ainda, diversos grupos taxonômicos nativos do Brasil que poderiam ser aproveitados neste segmento. Destacamos, por fim, que o uso das espécies nativas nos telhados verdes pode colaborar com a conservação da flora local, por vezes ameaçada, e também com a geração de renda, por meio da produção e venda de mudas, promovendo a valorização da biodiversidade vegetal e educação para maior consciência da necessidade de conservação da natureza pela sociedade.

**PALAVRAS CHAVE:** Telhado verde; Biodiversidade urbana; Potencial da flora nativa; Cidades sustentáveis; Paisagismo agroecológico.

## ABSTRACT

*Due to the worsening of environmental quality in urban areas and on the planet as a whole, the use of techniques that can mitigate the unwanted effects of intense urbanization has emerged, among them, the construction of green roofs. In view of the need for more ecological forms for urbanization, this study proposed to analyze the use of native vegetation on green roofs in Brazil, as a strategy to mitigate the loss of environmental quality in cities. The study was carried out through a review of scientific literature and covered a short introduction with the current use of green roofs around the world, the relationship between the use of green roofs and ecosystem services and, finally, the potential of native species for composition of these gardens. The use of this technique and studies on the plant species indicated in its composition are initial in Brazil and, even on a global scale, are often limited to exotic options in most locations. The results also present a series of environmental benefits for the insertion of the technique. There are also several taxonomic groups native to Brazil that could be used in this segment. Finally, we emphasize that the use of native species on green roofs can collaborate with the conservation of local flora, which is sometimes threatened, and also with the generation of income, through the production and sale of seedlings, promoting the valorization of plant biodiversity. and education for greater environmental awareness by society, with consequent beneficial effects on people's health and well-being.*

**KEY WORDS:** Green roof; Urban biodiversity; Potential native flora; Sustainable cities; Agroecological landscaping.



## 1. INTRODUÇÃO

A modificação do ambiente pelo homem é uma constante na trajetória das sociedades, ocasionando desequilíbrio entre o meio natural e o social/artificial (Salles et al., 2013; Duarte et al. 2017). A pressão sobre o ambiente muito se deve ao aumento demográfico e pela expansão urbana (Cecchetto et al., 2014; Duarte et al., 2017), e entre os diferentes impactos ambientais resultantes desses processos, a redução de áreas verdes e a impermeabilização do solo com asfalto e concreto são os causadores de diferentes problemas socioambientais encontrados nos centros urbanos (Carvalho & Oliveira, 2014; Moura & Silva, 2015; Santos et al., 2017). Essas duas práticas resultam em alterações no clima local (microclima) e na qualidade ambiental urbana, pois ocasionam a formação de ilhas de calor que interferem nas condições de umidade relativa do ar, além da presença de poluentes particulados (Cerón-Palma et al. 2013; Bautista & Peña-Guzmán, 2019). Observam-se também, como resultante de tais atos promovidos no ambiente, alterações no escoamento superficial das águas de chuva, sobrecarregando os sistemas de drenagem, que resulta em enchentes e transtornos para a população (Gaudereto & Matar, 2012; Tassi et al., 2014; Cáceres et al., 2018; Savi & Tavares, 2018).

A fim de mitigar tais problemas, políticas públicas como a ênfase em arborização são consideradas um elemento urbano essencial nos centros urbanos, “podendo amenizar ou resolver diversos problemas ambientais” (Duarte et al. 2017). Entretanto, a renda e a classe social da população são agravantes observados na supressão vegetal nessas localidades, uma vez que esses fatores impactam no adensamento populacional e na ocupação do solo (Duarte et al. 2017). A presença da vegetação no meio urbano interfere também na saúde psicológica e no bem-estar humano, ao estimular percepções de conforto e segurança. Entre os benefícios observados na interação entre pessoas e plantas estão: a redução do estresse; a aceleração de recuperação hospitalar e maior desenvolvimento cognitivo de estudantes (Nicodemo & Primavesi, 2009; McCurdy et al., 2010; Amato-Lourenço et al., 2016; Hansen et al., 2017).

Somente ainda no segmento relativo à vegetação, existem outras propostas de transição para cidades sustentáveis, como por exemplo, a criação de jardins verticais, os jardins de chuva, o plantio de microflorestas (Cáceres et al., 2018; Savi & Tavares, 2018), e o uso da flora nativa no paisagismo urbano (Oliveira Jr. et al., 2013).

Essas técnicas e práticas estão alinhadas com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável propostos pelas Nações Unidas (ODS - ONU). Especificamente, no

ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), que entre suas metas, visa mitigar os efeitos da urbanização sobre o meio ambiente, a fim de proporcionar uma relação socialmente mais democrática e sustentável (IPEA, 2019). O estímulo para que opções de preservação e ampliação do patrimônio natural, como os “espaços públicos verdes” estejam nos projetos econômicos, políticos e sociais do planejamento urbano e rural, e passe por diferentes esferas de governança nessas localidades é o cerne deste documento (Favarão & Costa, 2018; IPEA, 2019).

Ainda no esforço de tornar essa relação de ocupação do espaço natural pelo homem um quadro menos conflituoso e que leve a políticas de desenvolvimento sustentável, a Nova Agenda Urbana (NAU), cujo Brasil é signatário, coaduna com os objetivos traçados pelo ODS 11 (Klug, 2018), bem como com a promoção de importantes serviços ecossistêmicos (SE), dos quais a humanidade depende (MEA, 2005). Estes SE podem ser classificados de acordo com suas funções: produção (alimentos, fibras, combustíveis, etc.), regulação (ciclos biogeoquímicos, hidrológico, de nutrientes, etc.), habitat ou suporte (biodiversidade, polinização, etc.) e cultural (recreação, educação, embelezamento estético e espiritual) (Groot et al. 2002).

O telhado verde, também conhecido como cobertura verde, telhado vivo, telhado ecológico ou biocobertura (Ferreira, 2007; Corrent & Lehmann, 2016; Righi et al., 2016), é uma técnica construtiva que se utiliza de processos impermeabilizantes e de drenagem para a inclusão de substratos e vegetação nativa, ou não, estruturados em camadas, sobre coberturas prediais, passarelas ou guaritas (Getter & Rowe, 2008; Gaudereto & Matar, 2012; Corrent & Lehmann, 2016). Diferentes áreas do conhecimento como a agronomia, a biologia, a ecologia, a engenharia civil, a arquitetura e o paisagismo, reiteram em seus estudos os benefícios dos telhados verdes (Silva, 2016; Cáceres et al., 2018; Savi & Tavares, 2018).

Atualmente, o uso de telhados verdes têm sido promovido por novas linhas, pensamentos e concepções do paisagismo, trazidos a partir de um novo olhar sobre a qualidade ambiental das cidades. Também tem sido incentivado pela Permacultura, um movimento ecológico de cunho social (Mollison, 1981; Van Lengen, 2014), que busca por modelos de desenvolvimento mais equilibrados ecológica e socialmente, apresentando maior integração entre a sociedade humana e a natureza. Estas novas tendências buscam trazer elementos de sustentabilidade e prestação de serviços ambientais e ecossistêmicos para as regiões urbanizadas.

Podemos considerar ainda que os telhados verdes se apresentam como grande oportunidade para a inserção das espécies nativas, configurando, desta forma,

importante estratégia que colabora com a conservação da biodiversidade e consequentemente aumenta o conhecimento da flora nativa pela sociedade. Em razão disso, o objetivo deste trabalho foi investigar, a partir da literatura científica, as possibilidades e potencialidades de espécies nativas para construção de telhados verdes, bem como analisar publicações quanto aos serviços ambientais e ecossistêmicos prestados.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado a partir de revisão na literatura científica. As buscas foram realizadas nos portais Scielo, Google Scholar, Research Gate, ScienceDirect e Flora do Brasil. Os termos utilizados na busca foram: telhado-verde; green roofs; plantas e coberturas vegetadas; uso de espécies nativas; cobertura verde; plantas nativas e telhados verdes. Após a leitura dos resumos, foram acolhidas as publicações que abordassem o uso dos telhados verdes em diferentes partes do mundo, as que relacionam o uso de telhados verdes com os serviços ecossistêmicos e ambientais e também aquelas que abordavam os estudos sobre as espécies utilizadas. Os estudos que não se enquadram nos temas do escopo desta pesquisa foram descartados. Trabalhos não encontrados nas buscas, mas sim nas referências dos trabalhos alcançados, também foram incluídos neste estudo. O esforço teórico em botânica focou em publicações e trabalhos com espécies nativas do Brasil, que venham a ser boas candidatas para a aplicação da técnica de telhados verdes, sendo essas viáveis pelo que se conhece de suas características morfo-fisiológicas e suas adaptações ambientais. As informações acerca de aspectos legislativos, como leis, decretos e regulamentações, foram recolhidas de modo não exaustivo, sendo apenas citadas aquelas encontradas nas publicações alcançadas, de modo exemplificativo. As publicações foram agrupadas em temas pré-determinados como, o uso atual dos telhados verdes no mundo e no Brasil, as relações entre os telhados-verde e a prestação de serviços ecossistêmicos e ambientais e sobre espécies utilizadas em sua composição, com destaque para as espécies nativas do Brasil.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Usos atuais

Os telhados verdes têm sido utilizados em escala cada vez maior nos últimos cinquenta anos (Li & Yeung, 2014; Tassi et al., 2014). Entretanto, desde a antiguidade, com os desenhos famosos dos “Jardins Suspensos da Babilônia” ou mesmo no Império Romano, o uso do teto para

construção de jardins já se apresentava como elemento urbanístico e paisagístico local (Li & Yeung, 2014; Corrent & Lehmann, 2016). A presença desses sistemas de cobertura é reportada há séculos para diferentes localidades e climas do mundo, das regiões frias da Escandinávia e da Islândia até a quente Tanzânia (Minke, 2005).

A técnica está bem difundida em países europeus, com a Alemanha ocupando a liderança mundial, onde cerca de 10% das edificações possuem algum tipo de cobertura vegetal nos telhados. Deve-se isso ao incentivo estatal nas décadas de 1980/90, principalmente nos grandes centros urbanos do país. Outros países como a França e a Suíça têm aumentado o uso da técnica em seus territórios (Li & Yeung, 2014; Tassi et al., 2014). Nos Estados Unidos, registram-se telhados verdes a partir do século XIX, com o cultivo de árvores no topo de edifícios de grandes cidades como em Portland e Nova Iorque (Li & Yeung, 2014). Em Toronto, no Canadá, o governo local tem estimulado programas de incentivo à instalação de telhados verdes nas edificações (Saddi & Moura, 2010; Li & Yeung, 2014).

Na Ásia, as construções japonesas com mais de 1.000 m<sup>2</sup> são obrigadas a possuírem telhados verdes, e devem ocupar ao menos 20% dessa área (Theodosiou, 2009). O desenvolvimento urbano chinês, por sua vez, tem buscado integrar uma maior eficiência energética na construção civil, com o aumento de áreas verdes, entre outras técnicas. Nesse aspecto, os sistemas de telhados verdes ganharam terreno e são, segundo Xiao et al. (2014), “uma ferramenta de implementação obrigatória no planejamento urbano moderno”. O país incorpora o conceito de construção sustentável, com foco em economia energética na “Agenda 21 da China” (Chen et al., 2019). A partir dos anos 2000, grandes cidades chinesas como Xangai, Guangdong e a capital Pequim, aumentaram seus índices de áreas verdes per capita de 30m<sup>2</sup> para 45m<sup>2</sup> em apenas uma década (Xiao et al., 2014). Entretanto, o país ainda está distante da realidade encontrada em grandes cidades de países desenvolvidos no quesito coberturas vegetadas (Chen et al., 2019).

No Brasil, a utilização de telhados verdes é remetida ao trabalho do paisagista Roberto Burle Marx. Na década de 1940 o paisagista propõe então, uma mudança no paradigma no uso de vegetação e na composição de jardins no país, ao inserir as espécies nativas, que até então apresentava predomínio de espécies exóticas. Suas concepções com a técnica de telhados verdes aparecem no terraço-jardim sobre a marquise do prédio do então Ministério da Educação e Saúde Pública, quando a capital era ainda no Rio de Janeiro, e também no Instituto de Resseguros do Brasil, também no estado do Rio (Saddi & Moura, 2010;

Savi, 2012). Mais atualmente, a Permacultura tem sido um dos principais divulgadores do uso da técnica, construída também na forma e função de coletar água de chuva para armazenamento e posterior uso (Van Lengen, 2014).

Várias formas de incentivos ao uso dos telhados verdes têm sido utilizadas pelos governos locais. Constatada a redução da qualidade ambiental e necessidade de ajustes para o desenvolvimento sustentável, o uso dos telhados verdes tem sido incentivado na forma de novas leis e regulamentações, quer seja tornando a prática obrigatória em grandes empreendimentos, quer seja como incentivo fiscal, como desconto ou isenção do IPTU (Imposto Predial Territorial Urbano). Como incentivos fiscais nessa área, podemos citar os projetos de lei nas cidades de São Paulo, Campinas e Santos, que os preveem com descontos sobre o IPTU (Saddi & Moura, 2010). No município de Guarulhos, segundo maior em população e no PIB estadual de São Paulo, a Lei Municipal n.º 6.793/2010 concede desconto também sobre a cobrança desse imposto para os imóveis que adotem telhados verdes, e como uma das medidas possíveis de compensação ambiental. Em Guarulhos também, a Lei n.º 7.031/2012 regulamenta de forma específica a prática de sistemas de coberturas vegetadas.

No estado do Rio de Janeiro, a Lei n.º 6.349/2012 impõe que as novas edificações públicas adotem telhados verdes (Corrent & Lehmann, 2016). Em Pernambuco, na cidade do Recife, a Lei Municipal 18.112 de 2015 obriga os prédios com mais de 4 pavimentos a terem um telhado verde na edificação, nesta lei ainda está regulamentado o armazenamento e uso da água de chuva. Esse mesmo espírito ecológico da lei é encontrado no estado do Piauí, que abrange ainda outros aspectos, como a economia e reutilização da água, eficiência energética, gestão de resíduos sólidos, permeabilidade do solo e aproveitamento da energia solar. No estado da Paraíba, a Lei n.º 10.047/2013 dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de telhados verdes nos projetos de edificações com mais de três unidades agrupadas verticalmente, a fim da promoção dos múltiplos serviços ambientais que a técnica é capaz de oferecer.

Ainda na cidade de São Paulo existe um regulamento que prevê o uso de jardins verticais e telhados verdes como forma de compensação ambiental, decorrentes da degradação promovida por grandes obras, sejam desmatamentos ou outras formas de degradação ambiental (Decreto 55.994 de 2015). Além destas formas de incentivo público para a construção de telhados verdes, em Salvador (Decreto 29.100/2017) e no Rio de Janeiro (Decreto 35.745/2012) já existe a certificação ambiental de construções civis, na forma de selo de qualidade.

### 3.2. Serviços ambientais

Os serviços ambientais e ecossistêmicos promovidos pela vegetação já são bem conhecidos (MEA, 2005), sendo classificados como serviços de provisão, de regulação, culturais e/ou de suporte. Vários estudos realizados com telhados verdes têm demonstrado que a cobertura nas edificações possibilita que diversos desses serviços ambientais possam ser promovidos, constituindo excelente ferramenta de mitigação dos impactos das mudanças climáticas nos centros urbanos (Gaudereto & Matar, 2012; Savi & Tavares, 2018).

Diferentes estudos da comunidade científica têm demonstrado os benefícios dos telhados verdes, como: Cardoso & Vecchia (2014) com atenuação térmica proporcionada por coberturas vegetadas; Tassi et al. (2014) quantificando a diminuição de descarga de água pluvial ao passarem pelo sistema; Beltrán-Melgarejo et al. (2014) pelo conforto térmico utilizando *Cissus verticillata* em habitações rurais no México; Silva (2016) aponta o potencial da flora nativa do Brasil para a técnica em clima tropical úmido; Cáceres et al. (2018) listam diferentes benefícios ambientais na promoção de telhados verdes com base na literatura sobre o assunto; Mora-Melià et al. (2018) como telhados verdes ajudam a mitigar o excesso de águas de chuva na região central do Chile; Savi & Tavares (2018) analisaram seis espécies vegetais com potencial para retenção de águas pluviais em Curitiba; Bautista & Peña-Guzmán (2019) com simulações por meio de softwares sobre os possíveis benefícios hidrológicos com a implementação de telhados verdes em área urbana de Bogotá; Domínguez et al. (2020) que demonstram a diversidade biológica de artrópodes em experimento com telhados verdes em área semi-rural da Argentina.

A questão hídrica é abordada em diferentes estudos científicos. A captação de água da chuva pelos telhados verdes diminui o escoamento superficial e o volume de águas nas galerias pluviais de drenagem urbana (Alamy Filho et al., 2016; Savi & Tavares, 2018). Algumas das pesquisas mostraram que os telhados verdes conseguiram reduzir em 60% o escoamento de água da chuva, quando o substrato se encontrava seco, diminuindo este valor conforme a saturação do substrato estivesse maior (Tassi et al., 2014; Alamy Filho et al., 2016; Savi & Tavares, 2018), isso ocorre pela interação substrato e planta, que estocam e utilizam parte da água de chuva (Li & Yeung, 2014). Essa retenção auxilia a aliviar o sistema de drenagem urbana, pois libera a água mais lentamente ao meio externo, muitas vezes, por evapotranspiração (Ferreira, 2007). Essa evapotranspiração realizada pela vegetação, além de diminuir

a carga para o sistema de drenagem, torna o ar circundante mais úmido, o que melhora os índices de qualidade do ar nas cidades (Ferreira, 2007; Tassi et al., 2014). Em um estudo comparando a umidade relativa do ar entre dois módulos de telhados (um contendo telhado verde e o outro sem) obteve a diferença de 23% em umidade relativa do ar circundante quando presente na edificação (Xiao et al., 2014).

Em relação a aspectos de poluição e qualidade ambiental, os telhados verdes auxiliam também na retenção de metais pesados e outros poluentes, bem como a ciclagem e sequestro de CO<sub>2</sub>, naturalmente promovido pela vegetação (Cerón-Palma et al. 2013; Savi & Tavares, 2018). Em pesquisas realizadas em Chicago com telhados verdes, observou-se a redução de ozônio no ar, por meio de absorção pela vegetação utilizada (Li & Yeung, 2014). Nesse sentido, Tassi et al. (2014) colocam telhados verdes como ferramenta de sequestro de poluentes. Outros estudos mostram que substâncias como nitrogênio e cobre apresentaram redução no escoamento em tubulações após passarem por sistemas de telhados verdes (Li & Yeung, 2014). Xiao et al., (2014) mencionam que um sistema de cobertura vegetal de 1.000 m<sup>2</sup> pode captar cerca de 160-200 kg de poeira atmosférica por ano.

Os telhados verdes são apontados também, na promoção do conforto térmico, tanto interno como externamente na edificação. A utilização de plantas em telhados proporciona maior absorção da radiação solar e consequentemente, a diminuição de sua reflexão. Considerando ainda o efeito da evapotranspiração das plantas, se torna possível a geração de um ambiente interno mais ameno e refrigerado, proporcionando redução de consumo de energia elétrica (Savi & Tavares, 2018). Deste modo, o emprego da vegetação assume um papel de isolante térmico para o interior da construção (Li & Yeung, 2014).

Experimento realizado por Cardoso & Vecchia (2015) com diferentes módulos de cobertura de telhados, demonstrou como a temperatura máxima no interior do módulo com telhado verde foi a menor verificada entre diferentes tipos de cobertura, nas mesmas condições de temperatura externa.

Quanto à poluição sonora, a vegetação dos telhados verdes exerce papel de isolante acústico (Savi, 2012; Cáceres et al., 2018). O processo ocorre a partir da transformação da energia sonora em cinética, ao passarem pelas folhas das plantas e substratos ali presentes, atenuando, desta forma, o ruído sonoro para dentro das instalações prediais (Ferreira, 2007; Tassi et al., 2014). Pesquisas com bioclimatismo, apontam uma melhoria de até 30% nas condições acústicas no interior de edificações (Righi et al., 2016).

O uso da vegetação nativa nos telhados verdes pode também oferecer abrigos para a biodiversidade, pois incrementa não somente o uso das espécies vegetais, mas também se percebe aumento da biodiversidade animal (Cáceres et al., 2018). Quando aplicado o uso de espécies nativas na composição dos telhados verdes, o acréscimo da fauna se torna ainda mais evidente (Arabi et al., 2015; Dunnett, 2015). Estudos realizados com espécies de praderia nativa do Canadá perceberam aumento de biomassa, especialmente de aranhas, quando comparado com telhados verdes que utilizaram espécies exóticas (Li & Yeung, 2014). Telhados verdes podem ainda funcionar como corredores ecológicos nos centros urbanos, se utilizados em grande escala (Dvorak & Volder, 2010). Li & Yeung (2014) destacam um estudo que encontrou até 30 espécies diferentes de organismos no substrato de telhados verdes, dentre eles, artrópodes pioneiros em colonizar solos, como *Isotoma viridis* e *Parisotoma notabilis*. Pesquisa realizada por Domínguez et al. (2020) encontrou cerca de 400 espécies de artrópodes de diferentes grupos em telhados verdes em regiões do semiárido da Argentina.

Diferentes estudos corroboram como os telhados verdes podem enriquecer ecologicamente o meio em que se encontram, de borboletas a pássaros (Dvorak & Volder, 2010; GSA, 2011). Em um telhado verde estudado em Michigan, com apenas 2,5 cm de profundidade, os pesquisadores encontraram 29 espécies de insetos, 7 espécies de aranhas e 2 espécies de pássaros (Getter & Rowe, 2008). Em outro estudo, observou-se 18 espécies de aves, dentre elas, espécies migratórias que utilizam o telhado verde do Chicago City Hall como habitat temporário (Dvorak & Volder, 2010).

O bom desenvolvimento vegetal em telhados verdes pode ser utilizado também como banco de sementes para muitas espécies nativas de forma a promover assim, o aumento de sua conservação, principalmente aquelas que se encontram em risco de extinção (Gaudereto & Matar, 2012; Cáceres et al., 2018).

Como já mencionado, os telhados verdes são uma tecnologia que pode aumentar a cobertura vegetal nos grandes centros urbanos (Gaudereto & Matar, 2012) e uma real alternativa do emprego da vegetação em substituição aos tradicionais sistemas de cobertura de telhados (Getter & Rowe, 2008; Savi & Tavares, 2018). Minke (2005) estimou que um esforço contínuo de instalação de telhados verdes em ao menos 20% das coberturas de um centro urbano, poderia vir a dobrar a quantidade de folhas nessa localidade. Esse porcentual seria desejável para um clima urbano saudável, o que segundo o autor, poderia “melhorar

decididamente o clima poluído das cidades”, reduzindo a poeira no ar e purificando-o, abaixando as oscilações térmicas e aumentando a umidade. Tal esforço mostraria vantagem, uma vez que, “a área de um telhado verde gramado sem poda, pode oferecer cerca de 5 a 10 vezes mais cobertura foliar que a mesma medida em um parque aberto em que a manutenção é maior” (Minke, 2005).

Os serviços ambientais prestados por essa técnica estão altamente vinculados à escolha das espécies vegetais utilizadas (Getter & Rowe, 2008; Li & Yeung, 2014; Arabi et al., 2015). O desenvolvimento vegetal, entre outros benefícios, ajuda a impactar a sociedade, através do apelo estético, na formação de senso ecológico e das mudanças de paradigmas necessárias para a transição para cidades sustentáveis. Esse critério deve ser explorado a fim de popularizar cada vez mais o uso desse sistema de cobertura (Gaudereto & Matar, 2012; Xiao et al., 2014; Cáceres et al., 2018). A vegetação utilizada ditará em grande parte a finalidade do telhado verde, quer seja seu design, sua acessibilidade ou mesmo serviços de captação de água e redução de consumo energético (Getter & Rowe, 2008).

Para fins científicos e educacionais, desde aspectos ecológicos à fisiológicos, a utilização das espécies nativas em sistemas de cobertura, além de ampliar o conhecimento como um todo desses grupos vegetais, podem dar suporte teórico para implementar políticas conservacionistas para as espécies ameaçadas, tornando assim, os telhados um local de conservação *ex situ* (Paz & Filho, 2009; Cavalcante & Vasconcelos, 2016).

### 3.3. Espécies

Em relação às espécies utilizadas na construção dos telhados verdes, como regra generalizada, a utilização de flora nativa ainda é incipiente em várias partes do mundo. Na China, o uso de espécies vegetais na técnica tem sido atrelado principalmente ao gênero *Sedum* e também a outras herbáceas exóticas, ambientadas às condições locais (Xiao et al., 2014). Em expansão econômica crescente, a China ainda carece de normatização e legislação específica que incentivem a técnica de coberturas vegetadas, entretanto, o debate sobre o assunto tem ganhado relevância em anos recentes (Xiao et al., 2014).

Na construção de jardins convencionais é comum encontrarmos informações a respeito de espécies adaptadas a condição de sol, de sombra e meia sombra, que gostam de mais água ou menos água, mas quando falamos de espécies indicadas para telhados verdes são raros os trabalhos e informações a este respeito (Dvorak & Volder, 2010; Gaudereto & Matar, 2012). A flora é ainda pouco explorada

para este fim, assim uma gama diversa de espécies, principalmente as nativas, não tiveram seu potencial aferido para o uso em sistemas de coberturas (Li & Yeung, 2014; Cáceres et al., 2018).

Para que o telhado verde tenha viabilidade funcional e econômica, diferentes aspectos quanto à vegetação devem ser observados. A arquitetura radicular deve estar adequada à profundidade do substrato, bem como sua resistência a condições de déficit hídrico. Deste modo, em telhados verdes com fina camada de substrato, os sistemas radiculares devem ser superficiais e resistentes. É importante também que as espécies sejam adaptadas à condição de seca, isto é, suportarem grandes períodos sem água, com exceção daqueles telhados que sejam mais profundos ou apresentem sistemas de irrigação. Savi & Tavares (2018), por exemplo, consideraram fatores como porte, rapidez de crescimento e capacidade de retenção de água, que influenciam no desempenho da retenção de água de chuva pelo telhado verde. Já em Cáceres et al. (2018), ao indicar possíveis espécies adaptadas a regiões semiáridas de Córdoba na Argentina para o uso em telhados verdes, considerou-se aspectos como área de cobertura verde, porcentagem de sobrevivência e estado de saúde das plantas.

Em consonância a essa problemática, os estudos com espécies nativas em telhados verdes têm aumentado. Pode-se citar, exemplificando nesse sentido, a bromélia nativa do Brasil, *Neoregelia compacta*, que mostrou maior eficiência como atenuadora térmica comparada a *Callisia fragrans*, exótica mexicana, já bastante utilizada em telhados verdes (Silva, 2016). Silva (2016) apontou ainda, o potencial não conhecido de bromélias-tanque nativas, do gênero *Alcantarea*, que também podem apresentar características como atenuadoras térmicas ainda superiores ao de *Neoregelia compacta*.

A vegetação nativa tem a característica de estar bem adaptada às condições ambientais e climáticas locais, o que leva a uma maior possibilidade de sobrevivência nos telhados instalados nesses centros urbanos, a um menor custo de manutenção e maior prestação de serviços ecossistêmicos (Gaudereto & Matar, 2012; Oliveira Jr. et al., 2013; Li & Yeung, 2014; Cáceres et al., 2018). Além do que, o uso de plantas nativas pode trazer maior biodiversidade aos centros urbanos e estimular políticas públicas e ambientais para a educação em conservação da natureza (Li & Yeung, 2014; Arabi et al., 2015).

O conhecimento das características microclimáticas da região da instalação dos futuros sistemas de cobertura é de grande importância, pois fatores abióticos como

disponibilidade hídrica, níveis de luminosidade e/ou exposição solar, força dos ventos, períodos de geadas, entre outros, são condicionantes do desenvolvimento vegetal e por consequência do desenvolvimento do próprio telhado verde (Getter & Rowe, 2008; Tassi et al., 2014; Arabi et al., 2015).

Alguns dos fatores ambientais acima descritos tornam os telhados verdes mais limitantes, o que os diferencia de jardins convencionais ao nível do solo. Muitas espécies vegetais amplamente utilizadas no paisagismo e na jardinagem de parques, praças e/ou como elemento decorativo de residências e empresas não suportam essas condições estressantes, fato que deve ser considerado na hora da seleção da vegetação (Arabi et al., 2015; Cáceres et al., 2018). Suportar períodos de seca, insolação, resistência a ventos, pragas e à poluição reforçam importância pela escolha da espécie (Getter & Rowe, 2008).

Telhados verdes são classificados principalmente em extensivos ou intensivos (Gaudereto & Matar, 2012; Savi & Tavares, 2018) estando essa classificação atrelada às características estruturais utilizadas na construção de cada modelo, bem como a finalidade dada à estrutura na edificação (Tassi et al., 2014).

Em telhados verdes do tipo extensivo, modelo mais empregado e estudado, devido, principalmente, aos custos mais baixos na fabricação e na manutenção desse sistema (Getter & Rowe, 2008; Li & Yeung, 2014; Savi & Tavares, 2018), que possui rasa profundidade e baixa disponibilidade de água e nutrientes no substrato, delimitam-se as características exigidas para as plantas selecionadas (Arabi et al., 2015; Cáceres et al., 2018). Dessa forma, vegetação de raízes curtas, resistentes à seca e doenças, bem como capacidade de cobertura permanente do solo e autorregeneração são indicadas. Espécies vegetais que possuam agentes polinizadores ou boa propagação vegetativa tendem a um melhor desenvolvimento (Cáceres et al., 2018).

Com grande área de cobertura e maior profundidade de substrato, os telhados verdes do tipo intensivo se caracterizam por serem grandes estruturas, necessitando serem planejadas para suportá-los (Cáceres et al., 2018). Nessas condições, a vegetação que pode ser utilizada oferece outras possibilidades, pois nesse tipo de cobertura, a paisagem proposta se assemelha a de jardins e parques comuns e sua finalidade pode se destinar a uma integração maior com seres humanos (Getter & Rowe, 2008; Tassi et al., 2014). Espécies de médio a grande porte são suportadas, espécies lenhosas, plantas de crescimento radicular médio/profundo, vegetação anual e a composição com espécies diferentes para tornar a paisagem mais natural estão presentes (Arabi et al., 2015). Por consequência, esse

tipo de cobertura requer alto investimento de instalação, já que a estrutura precisa ser planejada para suportar o peso e contar com camadas de irrigação e drenagem, além de maior dependência de manutenção (Li & Yeung, 2014; Arabi et al., 2015). Cabe mencionar que existe também um outro tipo de telhado verde, conhecido como semi-intensivo, mas que é pouco utilizado e basicamente é uma versão intermediária entre os dois sistemas acima descritos (Saddi & Moura, 2010; Corrent & Lehmann, 2016).

Dentre as espécies vegetais mais utilizadas, as plantas conhecidas como “suculentas” são bastante empregadas na técnica de telhados verdes e isso se deve à sua habilidade em suportar ambientes áridos. Fisiologicamente, se refere ao processo de fotossíntese específico que elas realizam, conhecido como metabolismo ácido das crassuláceas, ou plantas CAM, na sigla em inglês (Li & Yeung, 2014; Savi & Tavares, 2018). Plantas CAM são mais tolerantes à seca, e essa resistência se dá ao fato delas manterem seus estômatos fechados durante o dia, evitando assim perda de água para o ambiente por transpiração e por absorverem CO<sub>2</sub> durante a noite, no escuro, para utilizar posteriormente no período diurno (Li & Yeung, 2014; Savi & Tavares, 2018).

Com cerca de 12.500 espécies no mundo e representadas em mais 30 famílias, as suculentas apresentam tamanhos variados, de poucos centímetros até enormes árvores. Com destaque para a família Cactaceae, nativa das Américas, com 1.477 espécies catalogadas (Cavalcante & Vasconcelos, 2016). O termo suculenta é devido a propriedade que suas espécies possuem de armazenar água em suas folhas e caules, tornando-os mais espessos com a presença de um tecido suculento e/ou carnoso, contendo substâncias mucilaginosas (Paz & Filho, 2009; Cavalcante & Vasconcelos, 2016). Em muitas espécies, as folhas são reduzidas e/ou modificadas em espinhos (Arabi et al., 2015). Essas características auxiliam essas espécies a suportarem as condições de déficit hídrico. Dessa forma, cactáceas e suculentas são disparadas as mais conhecidas e presentes nos telhados verdes (Gaudereto & Matar, 2012; Tassi et al., 2014; Savi & Tavares, 2018).

Savi & Tavares (2018) apontam como o engrossamento de raízes e folhas para estocar água conferiu à espécie *Bulbine frutescens* o melhor resultado entre outras cinco espécies testadas - entre plantas de metabolismo CAM, C3 e C4 - como indicadoras de retenção de água de chuva em telhado verde na cidade de Curitiba (Savi & Tavares, 2018). Nessa mesma pesquisa, é citada outra suculenta, *Portulaca grandiflora*, como espécie indicada para telhados verdes, devido a sua boa capacidade de retenção de água e sobrevivência em períodos de estiagem.

O gênero *Sedum*, pertencente à família Crassulaceae, destaca-se como um exemplo bem difundido na utilização de vegetação para telhados verdes, possui alta tolerância a solos secos e a exposição solar. Espécies desse gênero conseguiram sobreviver a um período de quatro meses sem água, num experimento em estufa (Dvorak & Volder, 2010). Em outra pesquisa, o gênero apresentou boa capacidade de cobertura de área - acima de 60% - mesmo durante o inverno (Cáceres et al., 2018). Seduns são plantas pequenas em estatura, com crescimento horizontal, isso aumenta o efeito de resfriamento do telhado e menor ressecamento do substrato. Crescem em solos rasos, possuem longa vida e boa auto-propagação vegetativa (Arabi et al., 2015). Mesmo em períodos de congelamento, o gênero suportou as condições adversas (Dvorak & Volder, 2010).

Levantamento realizado por Getter & Rowe (2008), com plantas indicadas para telhados verdes extensivos nos Estados Unidos, foi apontado também espécies de *Delosperma*, *Euphorbia* e *Sempervivum* como escolhas populares. Representantes das famílias Portulacaceae e, obviamente, Crassulaceae são outras plantas com grande capacidade de resistência em telhados verdes (Li & Yeung, 2014). Pesquisas com espécies de suculentas utilizadas em telhados verdes extensivos, para diferentes regiões da América do Norte, mostraram um bom desenvolvimento por terem um sistema radicular curto, capazes de se estabelecerem em diferentes faixas de substratos, variando de 10 cm até mesmo em camadas de apenas 2,5 cm (Dvorak & Volder, 2010).

A International Green Roof Association (IGRA) menciona que espécies vegetais de clima montanhoso seco, de pradarias ou adaptadas a extremos climáticos, como “musgos, ervas e gramas” podem ser incorporadas ao sistema de telhados verdes extensivos e citam como exemplo as espécies *Hedera helix*, *Festuca rubra*, *Osmunda regalis*, *Polygonum affine*, *Vinca major*, *Syringa vulgaris*, *Viorne obier*, *Rosa rubiginosa* e *Sorbus aria*, muito empregadas no Canadá e Bélgica (Saddi & Moura, 2010).

### 3.4. Potencial para o Brasil

Detentor de cerca de 20% da biodiversidade vegetal do planeta (MMA, 2012), com aproximadamente 50 mil espécies catalogadas (Flora do Brasil, 2020), o Brasil apresenta grande potencial para o uso de vegetação nativa nos telhados verdes em suas edificações (Silva, 2016). Considerando ainda que o setor de construção civil integra área de grande importância econômica para o país, e também é apontado como um dos setores que mais impactam o meio ambiente nos centros urbanos (Righi et al., 2016).

Com esse duplo destaque, a construção civil no Brasil deve adotar medidas mais sustentáveis que resultem em benefícios ambientais e sociais (Roth & Garcias, 2011). Uma “transição para um ambiente sustentável futuro” (Cole, 2005), passa por meio de uma adequação também desse setor que como empreendimento humano não pode mais desconsiderar os sistemas e processos naturais, uma vez que o meio ambiente é “parte do processo produtivo e não uma externalidade” (Côrtes et al., 2011). Nesse cenário, a técnica de telhados verdes pode ter progressiva aderência ao mercado da construção civil no Brasil.

Pesquisas com telhados verdes e o uso da flora tropical ainda são escassas, principalmente quando comparado com o que já se conhece da flora de regiões temperadas para o mesmo fim (Silva, 2016). Nos trópicos, os fatores limitantes ao desenvolvimento vegetal são diferentes aos encontrados nos países que lideram o uso de instalações vegetais nas coberturas prediais.

O potencial das espécies nativas para o uso na técnica de telhados verdes pode vir a servir como uma importante ferramenta de estímulo de políticas ambientais para as cidades, como por exemplo, a preservação de espécies ameaçadas de extinção (Gaudereto & Matar, 2012; Li & Yeung, 2014; Arabi et al., 2015; Silva, 2016; Cáceres et al., 2018).

A América Tropical é o centro mundial de diversidade de epífitas, essas representam cerca de 20% da diversidade vegetal na Mata Atlântica (Neto et al., 2015), com destaque para Orchidaceae e Bromeliaceae, que ocupam a primeira e a segunda colocação respectivamente com maior número de espécies epífitas presentes (Kersten, 2010). A família Cactaceae, com presença relevante na listagem, aparece um pouco atrás, na sexta colocação, com destaque para o gênero *Rhipsalis*. Em levantamentos de trabalhos com a flora epífita da Mata Atlântica, foram listadas a ocorrência de 27 espécies de *Rhipsalis* (Kersten, 2010).

Com mais de 1.300 espécies, das quais cerca de 90% são endêmicas, a diversidade de bromélias no Brasil demonstra como esse grupo vegetal apresenta um imenso potencial para estudo em diferentes áreas de pesquisa, incluindo aí a intersecção entre a engenharia, a arquitetura e a biologia, uma vez que, muitas estão adaptadas na natureza a condições semelhantes encontradas em telhados verdes (Silva, 2016).

No emprego de espécies epífitas e rupícolas, por exemplo, interessantes mecanismos presentes em bromélias e orquídeas para armazenagem de água, seja por meio da disposição foliar imbricada nas primeiras, bem como, a suculência por parênquima aquífero do corpo vegetal das últimas podem estimular seu uso (Silva, 2016).

As famílias com melhor capacidade de desenvolvimento no experimento reportado por Silva (2016) foram representadas por Bromeliaceae e Cactaceae, que corresponderam por 38% e 21%, respectivamente, da diversidade botânica estudada para este fim.

A família Commelinaceae também merece destaque no enfoque de alternativas de utilização da flora nativa do Brasil para o uso de coberturas vegetadas. Presente nas regiões tropicais e temperadas, é cosmopolita e conta com 115 espécies catalogadas para o país, dessas, cerca de 60 são endêmicas. Destaque para os gêneros *Commelina*, *Callisia* e *Tradescantia*. A família se caracteriza em grande parte pelo hábito herbáceo, ou ainda de lianas e trepadeiras de suas espécies (Aona et al., 2016; Flora do Brasil, 2020). Está presente em todas as regiões brasileiras e com diferentes hábitos de colonização, entre eles o rupícola. Encontrada em áreas antrópicas e perturbadas e também nos campos de altitude, todos esses, ambientes que apresentam condições que encontramos nos telhados verdes. As ervas dessa família são em grande parte perenes e do tipo suculentas, propagando-se por rizomas e estolões, sendo utilizadas pelo segmento paisagístico devido a seu rápido desenvolvimento vegetativo e fácil cultivo em vasos (Barreto, 2005). Em trabalho com a flora de inselbergs no agreste da Paraíba, Tölke et al. (2011) encontraram três gêneros e quatro espécies da família Commelinaceae crescendo nesse ambiente rochoso sob forte exposição solar e baixos índices pluviométricos anuais.

Em estado crítico de conservação de sua rica biodiversidade (CBC, 2020), o Cerrado brasileiro apresenta espécies vegetais com boa indicação para a experimentação em telhados verdes, muitas são plantas pioneiras e bem adaptadas a ambientes estressantes (Gaudereto & Matar, 2012). Nesse sentido, pode-se destacar *Achyrocline satureioides* nativa dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Giehl, 2020), sendo reportada também para boa parte da América do Sul (Barata et al., 2009; Silva et al., 2019), também conhecida como macela, macela-do-campo e/ou camomila-nacional, essa herbácea invasora de terrenos abandonados, pastagens e beira de estradas é utilizada tanto pela medicina popular, bem como estudada cientificamente (Marques & Barros, 2001; Haeffner et al., 2012).

A espécie *Arrabidaea brachypoda*, por exemplo, uma planta arbustiva presente em áreas perturbadas, possui floração com aroma marcante e persistente e produção abundante de néctar que na natureza atrai diferentes agentes polinizadores, como besouros, borboletas e abelhas (Yanagizawa, 1981).

Com cerca de 80 espécies catalogadas, o gênero *Arachis* pertence à família Fabaceae e é restrito à América Latina, com o Brasil concentrando 47 espécies endêmicas (Soares et al., 2006). Dentre suas espécies, podem-se destacar *Arachis repens* e *Arachis pintoii*, popularmente conhecidas como amendoim-rasteiro, grama-amendoim ou amendoimzinho, ambas são plantas rasteiras, perenes de hábito estolonífero com raízes adventícias nos nós de seus ramos (Rodrigues et al., 2006; MMA, 2018). Para utilização em sistema de telhados verdes, essas espécies apresentam bom potencial, uma vez que demonstram resistência a sol pleno, tolerância a diferentes solos, de argilosos a arenosos, e mesmo em solos ácidos e com baixa fertilidade (Valentim et al., 2001; Lima et al., 2003). O fácil rebrote, a boa propagação e a dispensa de podas são ainda características desejáveis para espécies utilizadas na técnica (MMA, 2018). A inflorescência constante pode ainda servir como fator atrativo a pessoas e mesmo a possíveis agentes polinizadores. Essas espécies estão também adaptadas a altitudes variadas e resistentes a períodos de seca superiores a quatro meses, em que mesmo perdendo folhas e parte dos estolões, logo se recuperam na presença de chuvas (Valentim et al., 2001)

Outra alternativa pode vir da utilização do gênero *Aristida*, que possui 34 espécies catalogadas para o Brasil, sendo 13 endêmicas. A maioria das espécies é perene, adaptada a alta luminosidade, temperaturas elevadas e ao estresse hídrico, todas condições exigidas para um telhado verde. As espécies do gênero no Brasil ainda ocorrem em solos pedregosos e secos (Longhi-Wagner, 1990).

O gênero *Eryngium*, por sua vez, é cosmopolita, presente em climas temperados e tropicais, pertence à família Apiaceae, com cerca de 220 espécies catalogadas (Cardozo, 2017). No Brasil, está distribuído por todos os estados, em substratos diversos, incluindo espécies rupícolas. Levantamento feito no estado do Paraná encontrou 24 espécies, dessas, 07 são endêmicas e, ainda duas, novas ocorrências para o país. A maioria das espécies cresce em campos abertos e de elevadas altitudes. Nas manchas de Cerrado, a espécie *E. rochei* está criticamente ameaçada (Cardozo, 2017), assim, sua aplicação em telhados verdes oportuniza sua preservação.

O gênero *Glandularia* se apresenta como uma alternativa de uso em telhados verdes, em regiões de clima semiárido. Resultados positivos, como boa capacidade de cobertura e taxa de sobrevivência foram demonstrados por Cáceres et al. (2018) em telhados verdes instalados na região de Córdoba. Esse gênero possui ampla distribuição nas Américas, com cerca de 80 espécies e levantamento

para o estado do Rio Grande do Sul apresentou 27 espécies compostas de ervas prostradas, em sua maioria, e com inflorescência constante (Thode & Mentz, 2010; Dall'Agnese, 2015).

No Brasil, o emprego de telhados verdes ainda se concentra nas regiões sul e sudeste (Righi et al., 2016), entretanto, o semiárido no nordeste brasileiro apresenta uma diversidade florística local extremamente adaptada às altas temperaturas, ventos fortes e secos, além de se fixarem em solos rasos e pedregosos, tolerando grandes períodos de estiagem (Paz & Filho, 2009; Cavalcante & Vasconcelos, 2016), todas essas características desejáveis e semelhantes a encontradas nos sistemas de telhados verdes.

No semiárido, a vegetação dominante é do tipo savana, conhecida como caatinga, cujas espécies vegetais são principalmente xerófilas e/ou caducifólias (Evert & Eichhorn, 2014). Nesse hábitat, ocorre o predomínio das cactáceas e suculentas, estando as famílias Euphorbiaceae e Cactaceae entre as mais representativas (Paz & Filho, 2009). O semiárido brasileiro é um dos centros mundiais em riqueza e abundância de cactos (Paz & Filho, 2009). Na caatinga, a família Cactaceae está entre as dez maiores, com 105 espécies catalogadas (Cavalcante & Vasconcelos, 2016). Os indivíduos vegetais nessas regiões podem crescer com enraizamento superficial, sob intensa radiação solar, suportando altas temperaturas, fortes ventos e longos períodos de estiagem (Silva, 2016). Tais características dessa vegetação, como já explicado, apresentam-se como indicadas para o uso em telhados verdes. Logo, a flora nativa dessa região do Brasil pode ser melhor explorada para esse fim.

O potencial econômico também é um aspecto a ser melhor explorado nos telhados verdes, como instrumento de fonte de renda complementar para a população local, por meio do manejo sustentável das espécies vegetais e produção de mudas (Paz & Filho, 2009; Cavalcante & Vasconcelos, 2016). Essa dupla função pode ser exemplificada quando do uso de telhados verdes como cactários, vindo a gerar emprego e mercado consumidor de plantas ornamentais, no âmbito interno, bem como de exportação (Paz & Filho, 2009; Cavalcante & Vasconcelos, 2016).

Outro grupo vegetal a ser melhor estudado e com potencialidades de uso nas coberturas vegetadas é a brioflora, ou seja, o uso das briófitas na composição dos telhados verdes. O país possui cerca de 1.500 espécies catalogadas, equivalente a 38% de todo o Neotrópico (Visnadi, 2004; Costa & Peralta, 2015). Briófitas apresentam capacidade de colonização sobre diferentes substratos, incluindo rochas nuas e áreas perturbadas por ação humana (Peralta, 2005).

A maioria das espécies possui pequeno porte, capacidade de retardo metabólico quando seca e estratégias de propagação vegetativa que lhe permitem ser plantas pioneiras em processos de sucessão ecológica (Nabors, 2012; Evert & Eichhorn, 2014; Silva et al., 2014).

Citada de forma genérica em guias de referência para telhados verdes, como os promovidos pela International Green Roof Association (2013) ou no Guide de la construction et de la rénovation durables (CRTE, 2010), a utilização de espécies de musgos associados a *Seduns* e outras herbáceas possibilita um novo campo para a pesquisa com espécies cosmopolitas presentes em regiões urbanas e perturbadas. Telhados em áreas mais sombreadas e de maior umidade favorecem os musgos (Minke, 2005), espécies como *Bryum argenteum*, *B. coronatum*, *Plagiobryum capillare*, *Hyophila involuta* e *Tortella humilis* são alguns exemplos constantemente encontrados com ampla dispersão geográfica e capacidade de estabelecimento em regiões antrópicas (Câmara, 2008; Bordin & Yano, 2009; Silva et al., 2014; Souza et al., 2017). Tais condições podem ser replicáveis em telhados verdes, tornando o uso de musgos mais uma possibilidade para a diversificação vegetal na técnica.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos telhados verdes vem crescendo e sendo incentivada em todo mundo. Cientificamente já são comprovados os efeitos na melhora da qualidade ambiental de centros urbanos, com ganhos em distintos serviços ecossistêmicos, que a técnica é capaz de promover. Essa melhoria é constatada no ciclo da água (gestão de águas pluviais), no aumento da umidade relativa do ar e na retenção de particulados poluentes, na amenização das temperaturas, externa e interna da edificação, além também de conforto acústico. Os estudos no uso da vegetação nativa ainda são escassos na literatura, sendo o uso de espécies exóticas mais comum que das nativas. No entanto, diversos trabalhos apontam espécies nativas com enorme potencial para utilização nos telhados verdes. Atuando, desse modo, na conservação da flora local e colaborando com a educação para a sustentabilidade na sociedade. Além de sua potência na conservação da biodiversidade e mesmo como possibilidade de ampliar nos centros urbanos os espaços para diferentes organismos, de insetos a passáros, é também capaz de impulsionar a geração de renda, por meio da produção e da venda de mudas, as quais serão utilizadas na composição e manutenção dos jardins nos telhados. Famílias botânicas como Bromeliácea, Orquidácea e Cactácea e famílias e espécies

adaptadas a condições estressantes, como as do Cerrado e Caatinga, são apontadas com grande potencial para uso nos telhados verdes, além das Briófitas, que também são indicadas para composição desses espaços verdes. Desse modo, este trabalho demonstra o imenso potencial de distintas espécies botânicas nativas para os telhados verdes, porém, mostra também a necessidade de maiores estudos e investimentos em pesquisa para que esse potencial possa ser aproveitado e amplificado na construção de modelos de urbanização mais amigos da natureza, que tragam benefícios ambientais, melhoria na qualidade de vida e no bem-viver das sociedades urbanas.

## REFERÊNCIAS

- Alamy Filho, J. E.; Manna, I. B. C. B.; Melo, N. A.; Caixeta A. C. M. **Eficiência hidrológica de telhados verdes para escala de loteamento residenciais**. Sociedade & Natureza. v. 28, n. 2, p. 257-272, 2016.
- Amato-Lourenço, L. F.; Moreira, T. C. L.; Arantes, B. L.; Filho, D. F. S.; Mauad, T. **Metrópoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde**. Estudos Avançados. v. 30, n. 86, p. 113-130. 2016.
- Aona, L. Y. S.; Costa, G. M.; Amaral, M. do C. E. **Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Commelinaceae**. Rodriguésia. v. 67, n. 5, p. 1291-1300, 2016.
- Arabi, R.; Shahidan, M. F.; Kamal, M. M. S.; Mohamad, F. Z. B. J.; Rakhshandehroo, M. **Consideration for plants selection in green roofs**. Alam Cipta. v. 8, p. 10-17, 2015.
- Barata, L. E. S.; Alencar, A. A. J.; Tascone, M.; Tamashiro, J. **Plantas Mediciniais Brasileiras. I. Achyrocline satureioides (Lam.) DC. (Macela)**. Revista Fitos. v. 4, n. 1, p. 120-125, 2009.
- Barreto, R. C. **Comelinaceae**. In: Wanderley, M. G. L.; Shepherd, G. J.; Melhem, T. S.; Martins, S. E.; Kirizawa, M.; Giullietti, A. M. (orgs.) **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 4, p. 195-210, 2005.
- Bautista, D.; Peña-Guzmán, C. **Simulating the hydrological impact of green roof use and an increase in green areas in an urban catchment with i-Tree: A case study with the town of Fontibón in Bogotá, Colombia**. Resources. v. 8, n. 68, p. 1-14. 2019.
- Beltrán-Melgarejo, A.; Vargas-Mendoza, M. C.; Pérez-Vázquez, A. García-Albarado, J. C. **Thermal comfort of green roofs with Cissus verticillata (Vitaceae) in tropical rural dwellings**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. v. 5, n. 9, p. 1551-1560, 2014.
- Bordin, J.; Yano, O. **Briófitas do centro urbano de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil**. Hoehnea. v. 36, n. 1, p. 7-71, 2009.
- Cáceres, N.; Imhof, L.; Suárez, M.; Hick, E. C.; Galetto, L. **Assessing native germplasm for extensive green roof systems of semiarid regions**. Ornamental Horticulture. v. 24, n. 4, p. 466-476, 2018.
- Câmara, P. E. A. S. **Musgos acrocárpicos das Matas de Galeria da Reserva Ecológica do IBGE, RECOR, Distrito Federal, Brasil**. Acta Botanica Brasilica. v. 22, n. 4, p. 1027-1035, 2008.
- Cardozo, A.L. **O gênero Eryngium L. (Apiaceae, Saniculoideae) no estado do Paraná**. 2017. 89 f. Dissertação (mestrado). - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Paraná. 2017. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/48863/R%20-%20D%20-%20ANDREY%20LUCAS%20CARDOZO.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 15-06-2020.
- Cardoso, G. T.; Vecchia, F. **Spatial Distribution of Internal Temperatures in a LGR (Light Green Roof) for Brazilian Tropical Weather**. Journal of Civil Engineering and Architecture. v. 8, p. 699-708, 2014.
- Cardoso, G. T.; Vecchia, F. **Influence of global solar radiation on indoor environment: experimental study of internal temperature distribution in two test cells with different roof systems**. Journal of Civil Engineering and Architecture. v. 9, p. 28-37, 2015.
- Carvalho, J. W. L. T. C.; Oliveira, F. **Impermeabilização e uso do solo urbano: Estudo de caso na microbacia do córrego do Aviário - Curitiba - PR**. Revista Geonorte. v. 10, n. 1. p. 504-509, 2014.
- Cavalcante, A. M. B.; Vasconcelos, G. C. L. **Comércio legal de cactos ornamentais: oportunidade para o uso sustentável no semiárido do Brasil**. Revista Econômica do Nordeste. v. 47, n. 1, p. 9-19, 2016.
- Centro Nacional de Avaliação da Biodiversidade de Pesquisa e Conservação do Cerrado (CBC ICMBio-MMA). Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cbc/conservacao-da-biodiversidade/ameacas.html> Acesso em: 22-03-2021.
- Cecchetto, C. T.; Christmann, S. S.; Oliveira, T. D. **Arborização urbana: Importância e benefícios no planejamento ambiental das cidades**. In: XVI Seminário Internacional de Educação no Mercosul. p. 1-13. 2014. Disponível em: <https://www2.ufrb.edu.br/petmataatlantica/images/PDFs/ARTIGO---ARBORIZACAO-URBANA-IMPORTANCIA-E-BENEFICIOS-NO-PLANEJAMENTO-AMBIENTAL-DAS->

CIDADES-1.PDF Acesso em: 11-03-2021.

Centre de Ressources des Technologies pour L'Environnement (CRTE). **Guide de la construction et de la rénovation durables**. In: Leitfaden, França. v. 2.02, p. 1-336. 2010. Disponível em: <http://www.crtib.lu/sites/crtib/files/inline-files/20101223-Leitfaden-FR-2.02.pdf>. Acesso em: 20-10-2020.

Cerón-Palma, I.; Sanyé-Mengual, E.; Oliver-Solà, J.; Montero, J.-I.; Caballero-Ponce, C.; Rieradevall, J. **Towards a green sustainable strategy for social neighbourhoods in Latin America: Case from social housing in Merida, Yucatan, Mexico**. Habitat International. v. 38, p. 47-56, 2013.

Chen, X.; Shuai, C.; Chen, Z.; Zhang, Y. **What are the root causes hindering the implementation of green roofs in urban China?** Science of The Total Environment. v. 654, p. 742-750, 2019.

Cole, R. J. **Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles**. Building Research & Information. v. 33, n. 5, p. 455-467. 2005.

Corrent, L.; Lehmann, P. **Telhado verde: Da Babilônia aos dias atuais**. In: Semana acadêmica - Faculdade Guarapuava. Paraná. 2016. p. 1-20. Disponível em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_telhado\\_verde.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_telhado_verde.pdf). Acesso: 08-06-2020.

Côrtes, R. G.; França, S. L. B.; Quelhas, O. L. G.; Moreira, M. M.; Meirino, M. J. **Contribuições para a sustentabilidade na construção civil**. Revista Eletrônica Sistema & Gestão. v. 6, n. 3, p. 384-397. 2011.

Costa D. P.; Peralta D. F. **Bryophytes diversity in Brazil**. Rodriguésia. v. 66, n. 4, p. 1-9, 2015.

Dall'Agnesse, L. **Potencialidade ornamental de Glandularia peruviana (L.) small cultivada a partir de diferentes formas de propagação e substratos**. 2015. 132 f. Dissertação (mestrado) - Universidade de Passo Fundo, Departamento de Agronomia. Rio Grande do Sul. 2015. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1502> Acesso em: 15-06-2020.

Domínguez, M. V. S.; Gonzáles, E.; Fabían, D.; Salvo, A.; Fenoglio, M. S. **Arthropod diversity and ecological processes on green roofs in a semi-rural area of Argentina: Similarity to neighbor ground habitats and landscape effects**. Landscape and Urban Planning. v. 199, n. 130816, 2020.

Dunnett, N. **Ruderal Green Roofs..** In: Sutton R. (eds) **Green Roof Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)**, vol 223. Springer, Cham. 2015. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-14983-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14983-7_10). Acesso em: 22-06-2020.

Dvorak, B.; Volder, A. **Green roof vegetation for North American ecoregions: A literature review**. Landscape and Urban Planning. v. 96, p. 197-213, 2010.

Duarte, T. E. P.; Angeoletto, F. H. S.; Santos, J. W. M. C.; Leandro, D. S.; Bohrer, J. F. C.; Vacchiano, M. C.; Leite, L. B. **O papel da cobertura vegetal nos ambientes urbanos e sua influência na qualidade de vida nas cidades**. Desenvolvimento em questão. v. 15, n. 40. p. 175-203, 2017.

Evert, R. F.; Eichhorn, S. E. 2014. **Ecologia global**. In: **Capítulo 32 - Evert & Eichhorn 2014 - Biologia vegetal**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, pp. 754-781.

Favarão, C. B.; Costa, M. A. 2018. **Governança e políticas nacionais urbanas: capacidade e desenvolvimento institucional**. In: Capítulo 3 - Costa, M. C.; Thadeu, M.; Favarão, C. B. (orgs.) **A Nova Agenda Urbana e o Brasil: Insumos para a sua construção e desafios à sua implementação**. 1ª ed. Brasília: Ipea, pp. 45-58.

Ferreira, M. F. **Teto verde: O uso de coberturas vegetais em edificações**. PIBIC. Pontifícia Universidade Católica, Departamento de Artes & Design, Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: [http://www.puc-rio.br/Pibic/relatorio\\_resumo2007/relatorios/art/art\\_manuela\\_de\\_freitas\\_ferreira.pdf](http://www.puc-rio.br/Pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/art/art_manuela_de_freitas_ferreira.pdf). Acesso em: 11-06-2020.

Flora do Brasil 2020. **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#Condicao-TaxonCP>>. Acesso em: 02-04-2021.

Flora do Brasil 2020. **Commelinaceae**. In: **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB91>>. Acesso em: 09-11-2020.

Gaudereto, G. L.; Matar, M. R. **Aplicação da tecnologia de telhados verdes como meio de preservação e restauração da biodiversidade paulistana**. 2012. In: **Arquitetura, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - AUT 0221 São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20finais%202012-1/Tetos%20verdes%20e%20biodiversidade.pdf>. Acesso em: 10-06-2020.

Getter, K. L.; Rowe, D. B. **Selecting plants for extensive green roofs in the United States**. In: Extension Bulletin E-3047 Michigan State University - 2008. Estados Unidos. Disponível em: <https://www.canr>.

msu.edu/uploads/resources/pdfs/selecting\_plants\_for\_extensive\_green\_roofs\_(e3047).pdf. Acesso em: 23-05-2020.

Giehl, E. L. H. (coordenador). **Flora digital do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Disponível em: [https://floradigital.ufsc.br/open\\_sp.php?img=13956](https://floradigital.ufsc.br/open_sp.php?img=13956). Acesso em: 15-11-2020.

Groot, R.S.; Wilson, M.A.; Boumans, R.M.J. A **typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services**. Ecological Economics. v. 41, n. 3, p. 393-408. 2002.

GSA. General Services Administration. **The benefits and challenges of green roofs on public and commercial buildings - A report of the United States General Services Administration - GSA (US)**. 2011. Disponível em: [https://www.gsa.gov/cdnstatic/The\\_Benefits\\_and\\_Challenges\\_of\\_Green\\_Roofs\\_on\\_Public\\_andCommercial\\_Buildings.pdf](https://www.gsa.gov/cdnstatic/The_Benefits_and_Challenges_of_Green_Roofs_on_Public_andCommercial_Buildings.pdf). Acesso em: 25-05-2020.

GUARULHOS. **Lei nº 6.793, de 28 de dezembro de 2010**. Dispõe sobre o lançamento, arrecadação e fiscalização do imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana - IPTU e dá outras providências. Guarulhos, SP, 29 dez. 2010. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/g/guarulhos/lei-ordinaria/2010/679/6793/lei-ordinaria-n-6793-2010-dispoe-sobre-o-lancamento-arrecadacao-e-fiscalizacao-do-imposto-sobre-a-propriedade-predial-e-territorial-urbana-iptu-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 30-11-2020.

GUARULHOS. **Lei nº 7.031, de 17 de abril de 2012**. Dispõe sobre a instalação do "Telhado Verde" nos locais que especifica, e dá outras providências. Guarulhos, SP, 27 de abr. 2012. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/g/guarulhos/lei-ordinaria/2012/703/7031/lei->. Acesso em: 30-11-2020.

Haeffner, R.; Heck, R. M.; Ceolin, T.; Jardim, V. M. R.; Barbieri, R. L. **Plantas medicinais utilizadas para o alívio da dor pelos agricultores ecológicos do Sul do Brasil**. Revista Eletrônica de Enfermagem. v. 14, n. 3, p. 596-602, 2012.

Hansen, M. M.; Jones, R.; Tocchini, K. **Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and nature therapy: A state-of-the-art review**. International Journal of Environmental Research and Public Health. v. 14, n. 8, p. 851. 2017.

International Green Roof Association. **The future of urban roofs**. In: Congress Proceedings: International Green Roof Congress - 2013. Alemanha. p. 1-53.

Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/read/22552529/the-future-of-urban-roofs-international-green-roof-association>. Acesso em: 22-10-2020.

International Green Roof Association. **A quick guide to green roofs**. Alemanha. p. 2-18. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/read/21845403/a-quick-guide-to-green-roofs-international-green-roof-association>. Acesso em: 22-10-2020.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - 11. Cidades e Comunidades Sustentáveis**. 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html> Acesso 14-03-2021.

Kersten, R. A. **Epífitas vasculares - Histórico, participação taxonômica e aspectos relevantes, com ênfase na Mata Atlântica**. Hoehnea. v. 37, n. 1, p. 9-38, 2010.

Klug, L. 2018. **Resiliência e ecologia urbana**. In: Capítulo 6 - Costa, M. C.; Thadeu, M.; Favarão, C. B. orgs. **A Nova Agenda Urbana e o Brasil: Insumos para a sua construção e desafios à sua implementação**. 1ª ed. Brasília: Ipea, pp. 83-90.

Li, W. C.; Yeung, K. K. A. **A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective**. International Journal of Sustainable Built Environmental. v. 3 n. 1, p. 127-134, 2014.

Lima, J. A.; Pinto, J. C.; Evangelista, A. R.; Santana, R. A. V. **Amendoim forrageiro (Arachis pintoi Krapov. & Gregory)**. 2003 In: Boletim de Extensão 001 Universidade Federal de Lavras - Brasil, p. 5-22. Disponível em: <http://livraria.editora.ufla.br/upload/boletim/extensao-tmp/boletim-extensao-001.pdf> Acesso em: 08-11-2020.

Longhi-Wagner, H. M. **Diversidade e distribuição geográfica das espécies de Aristida L. (Gramineae) ocorrentes no Brasil**. Acta Botanica Brasilica. v. 4, n.1, p. 105-124, 1990.

Marques, F. C.; Barros, I. B. I. **Crescimento inicial de Marcela (Achyrocline satureioides) em ambiente protegido**. Ciência Rural. v. 31, n. 3, p. 517-518, 2001.

McCurdy, L. E.; Winterbottom, K. E.; Mehta, S. S.; Roberts, J. R. **Using nature and outdoor activity to improve children's health**. Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care. v. 40, n. 5, p. 102-117. 2010.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Millennium ecosystem assessment: general synthesis report**. Washington DC: Island Press, 2005.

Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>. Acesso em: 30-11-2020.

Minke, G. **Techos Verdes - Planificación, ejecución, consejos prácticos**. Uruguay: Fin del Siglo, 2005.

Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial Plantas para o Futuro: Região Nordeste**. In: Capítulo 5 - Coradin, L.; Camillo, J.; Pareyn, F. G. C. (orgs.) Ornamentais. Brasília: 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1103349/1/LivroNordeste21122018splitmerge.pdf>. Acesso em: 08-11-2020.

Ministério do Meio Ambiente. **First National Report for the Convention on Biological Diversity - Brazil Clearing-house Mechanism for CCB**. In: Chapter II - **The status of Brazilian Biological Diversity - 2.1.3 Plants**. 2012. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/chm/\\_arquivos/chapter2a.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/chapter2a.pdf). Acesso em: 16-07-2020.

Mollison, B. **Introduction to permaculture**. (1 Ed.) New Hampshire: Yankee Permaculture, 1981.

Mora-Moliá, D.; López-Aburto, C. S.; Ballesteros-Pérez, P.; Muñoz-Velasco, P. **Viability of green roofs as a flood mitigation element in the central region of Chile**. Sustainability. v. 10, n. 4, p. 11-30, 2018.

Moura, E. F. S.; Silva, S. R. **Estudo do grau de impermeabilização do solo e propostas de técnicas de drenagem urbana sustentável em área do Recife-PE**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades. v. 3, n. 5, p. 78-93, 2015.

Nabors M. W.. **Introdução à Botânica**. Roca - Brasil, 1ª ed. Rio de Janeiro, pp. 443-459, 2012.

Neto, L. M.; Furtado, S. G.; Zappi, D. C.; Filho, A. T. O.; Forzza, R. C. **Biogeography of epiphytic angiosperms in the Brazilian Atlantic Forest, a world biodiversity hotspot**. Brazilian Journal of Botany. v. 39, n. 1, p. 261-273, 2015.

Nicodemo, M. L. F.; Primavesi, O. 2009. **Por que manter árvores na área urbana? In: Documentos 89 - Embrapa**. 1ª ed. on-line São Carlos - SP. pp. 1-41, 2009. Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratis/documentos/documentos89.pdf> Acesso em: 14-03-2021.

Oliveira Jr.; C. J. F.; Gonçalves, F. S.; Couto, F.; Matajs, L. **Potencial das espécies nativas na produção de plantas ornamentais e paisagismo agroecológico**. Revista Brasileira de Agroecologia. v. 8, n. 3, p. 190-200, 2013.

PARAÍBA. **Lei nº 10.047, de 09 de julho de 2013**.

Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação "Telhado Verde" nos locais que especifica e dá outras providências. Paraíba, PB, 10 jul. 2013. Disponível em: <http://www.al.pb.leg.br/leis-estaduais> Acesso em: 30-11-2020.

Paz, J. H. A.; Filho, J. A. L. **Seleção de espécies ornamentais para o paisagismo urbano e rural no semiárido brasileiro**. PIBIC. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2009. In: **VI Congresso de Iniciação Científica da UFCG**. Disponível em: <http://pesquisa.ufcg.edu.br/anais/2009/cav/index.html>. Acesso em: 16-06-2020.

Peralta D. F. 2005. **Musgos (Bryophyta) do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), Brasil**. 227 f. Dissertação (mestrado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo. 2005. Disponível em: <http://www.ibot.sp.gov.br/BIBLIOTECA/Tese.asp>Acesso em: 20-10-2020.

RECIFE. **Lei nº 18.112, de 12 de janeiro de 2015**. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "Telhado Verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. Recife, PE, 12 jan. 2015. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112/lei-ordinaria-n-18112-2015-dispoe-sobre-a-melhoria-da-qualidade-ambiental-das-edificacoes-por-meio-da-obrigatoriedade-de-instalacao-do-telhado-verde-e-construcao-de-reservatorios-de-acumulo-ou-de-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias?q=18112>. Acesso em: 30-11-2020.

Righi, D. P.; Köhler, L. G.; Lima, R. C. A.; Neto, A. B. S. S.; Mohamad, G. **Cobertura verde: Um uso sustentável na construção civil**. Mix Sustentável. v. 4, n. 2, p. 29-36, 2016.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Decreto nº 35.745, de 06 de junho de 2012**. Cria a qualificação QUALIVERDE e estabelece critérios para sua obtenção. Rio de Janeiro, RJ, 11 jun. 2012. Disponível em: [http://smaonline.rio.rj.gov.br/legis\\_consulta/42362Dec%2035745\\_2012.pdf](http://smaonline.rio.rj.gov.br/legis_consulta/42362Dec%2035745_2012.pdf). Acesso em: 30-11-2020.

Rodrigues, A. A. C.; Silva, G. S.; Moraes, F. H. R.; Silva, C. L. P. **Arachis repens: Novo hospedeiro de Puccinia arachidis**. Fitopatologia Brasileira. v. 31, n. 4, p. 411, 2006.

Roth, C.G.; Garcias, C. M. **Construção civil e a**

**degradação ambiental.** Desenvolvimento em questão. v. 7, n. 13, p. 111-128, 2011.

Saddi, K.G.; Moura, R.O. **CoBERTuras verdes: Análise do impacto de sua implementação sobre a redução do escoamento superficial.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Goiás, Curso de Engenharia Civil, Goiânia. 2010. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/COBERTURAS\\_VERDES\\_-\\_ANALISE\\_DO\\_IMPACTO\\_DE\\_SUA\\_IMPLANTACAO\\_C3%87%C3%83O\\_SOBRE\\_A\\_REDU\\_C3%87%C3%83O\\_DO\\_ESCOAMENTO\\_SUPERFICIAL.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/COBERTURAS_VERDES_-_ANALISE_DO_IMPACTO_DE_SUA_IMPLANTACAO_C3%87%C3%83O_SOBRE_A_REDU_C3%87%C3%83O_DO_ESCOAMENTO_SUPERFICIAL.pdf) Acesso em: 29-05-2020.

Salles, M. C. T.; Grigio, A. M.; Silva, M. R. F. **Expansão urbana e conflito ambiental: Uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN - Brasil.** Sociedade & Natureza. v. 25, n. 2, p. 281-290, 2013.

SALVADOR. **Decreto nº 29.100, de 06 de novembro de 2017.** Regulamenta o art. 5º da Lei nº 8.474, de 02 de outubro de 2013, e institui o Programa de Certificação Sustentável "IPTU VERDE" em edificações no Município de Salvador, que estabelece benefícios fiscais aos participantes do programa, assim como o art. 5º da Lei 8.723 de 22 de dezembro de 2014 e dá outras providências. Salvador, BA, 06 nov. 2017. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/ba/s/salvador/decreto/2017/2910/29100/decreto-n-29100-2017-regulamenta-o-art-5-da-lei-n-8474-de-02-de-outubro-de-2013-e-institui-o-programa-de-certificacao-sustentavel-iptu-verde-em-edificacoes-no-municipio-de-salvador-que-estabelece-beneficios-fiscais-aos-participantes-do-programa-assim-como-o-art-5-da-lei-8-723-de-22-de-dezembro-de-2014-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 30-11-2020.

Santos, K. A.; Rufino, I. A. A.; Filho, M. N. M. B. **Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB.** Revista Engenharia Sanitária. v. 22, n. 5, p. 943-952, 2017.

Savi, A. C. **Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura.** Monografia (especialização) - Universidade Tecnológica do Paraná, Departamento acadêmico de construção civil. Curso de especialização em construções sustentáveis II, Curitiba. 2012. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/788/1/CT\\_CECONS\\_II\\_2012\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/788/1/CT_CECONS_II_2012_01.pdf) Acesso em: 25-05-2020.

Savi, A. C.; Tavares, S. F. **Telhados verdes: uma análise**

**da influência das espécies vegetais na retenção de água de chuva.** Revista de Arquitetura IMED. v. 7, n. 1, p. 50-67, 2018. ISSN 2318-1109. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2647>. Acesso em: 27 maio 2020.

Silva, D. B.; Vieira, R. F.; Brigel Jr., J. B. A.; Melo, L. A. M. P.; Alves, R. B. N. **Coleta, conservação e cultivo experimental de macela (Achyrocline spp. - Asteraceae), na região do Cerrado.** Brasília: EMBRAPA - Circular Técnica 94, p. 1-16, 2019.

Silva, B.R. **Telhados verdes em clima tropical: Uma nova técnica e seu potencial de atenuação térmica.** 2016. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Coppe - Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?q=TELHADOS+VERDES+EM+CLIMA+TROPICAL+UMA+NOVA+T+C3%89CNI-CA+E+SEU+POTENCIAL+DE+ATENUA+C3%87%C3%83O+T+C3%89RMICA&ie=UTF-8&oe=#>. Acesso em: 14-06-2020

Silva, T. O.; Silva, M. P. P.; Pôrto, K. C. **Briófitas de Afloramentos Rochosos do Estado de Pernambuco, Brasil.** Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (N.SÉR.) v. 36, p. 85-100, 2014.

Soares, P. G.; Rezende, A. S.; Urquiaga, S.; Campello, E. F. C.; Franco, A. A. **Estabelecimento, produção de fitomassa, acúmulo de macronutrientes e estimativa da fixação biológica de nitrogênio em Arachis.** Pasturas Tropicales. v. 28, n. 2, p. 18-25, 2006.

Souza, E. R. F.; Rufino, M. K. G.; Gomes, D-Á. R. F. L.; Almeida, G. R.; Germano, S. R. **Florística de musgo de uma área de Caatinga.** In: II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2017, Paraíba. Disponível em: <https://docplayer.com.br/140840563-Floristica-de-musgo-de-uma-area-de-caatinga.html>. Acesso em: 21-10-2010.

Tassi, R.; Tassinari, L. C. da S.; Piccilli, D. G. A.; Persch, C. G. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais.** Ambiente Construído. v. 14, n. 1, p.139-154, 2014.

Theodosiou, T. **Green roofs in buildings: thermal and environmental behaviour.** Advances in Building Energy Research. v. 3, n. 1, p. 271-288, 2009.

Thode, V. A.; Mentz, L. A. **O gênero Glandularia J.F. Gmel. (Verbenaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil.** Acta Botanica Brasilica. v. 24, n. 2, p. 529-557, 2010.

Tölke, E. E. A. D.; Pereira, A. R. L.; Brasileiro, J. C. B.; Melo, J. I. M.; **A família Commelinaceae Mirb. em inselbergs do agreste paraibano.** BioFar - Revista de Biologia

e Farmácia. v. 05, n. 2, p.1-10, 2011.

Valentim, J. F.; Carneiro, J. C.; Sales, M. F. L. **Amendoim Forrageiro cv. Belmonte: Leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre.** In: Circular Técnica 43. Embrapa. p. 1-18. 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-AC/12187/1/cirtec43.pdf> Acesso em: 22-03-2021.

Van Lengen, J. **Manual do arquiteto descalço.** 1 Ed. São Paulo: B4 Ed., 2014.

Visnadi, S. R. **Distribuição da brioflora em diferentes fisionomias de cerrado da Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi-Guaçu, SP, Brasil.** Acta Botanica Brasílica. v. 18, n. 4, p. 965-973, 2004.

Xiao, M.; Lin, Y.; Han, J.; Zhang, G. **A review of green roof research and development in China.** Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 40, p. 633-648, 2014.

Yanagizawa, Y. A. N. P. **Aspectos da biologia floral de espécies de Arrabidaea e Jacaranda, no município de Botucatu, SP.** 1981. 137 f. Dissertação (mestrado) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 1981. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/316114/1/Yanagizawa\\_Yuriko\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/316114/1/Yanagizawa_Yuriko_M.pdf). Acesso em: 19-12-2020.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8723-1842>

**DOUGLAS SANTOS OLIVEIRA** |, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Meio Ambiente - Instituto de Botânica - São Paulo - IBt. (SP) | Endereço para correspondência: Av. Cristóvão Caresana, 61. Pq. Novo Grajaú, São Paulo - SP. CEP: 04847010 | email: dougs1935@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9757-4611>

**DOMINGOS SAVIO RODRIGUES, Dr.** | Instituto de Botânica – Núcleo de Pesquisas em Plantas Ornamentais. | São Paulo (SP) – Brasil | Correspondência para: R. do Bosque, 313. Jardim Bela Vista -Santo Andre- SP. 09040280 | E-mail: ds-rodrigues@ibot.sp.gov.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2207-6287>

**CLOVIS JOSÉ FERNANDES DE OLIVEIRA JR., Dr.** | Instituto de Botânica – Núcleo de Pesquisas em Plantas Ornamentais. | São Paulo (SP) – Brasil | Correspondência para: R. Padre Machado, 114, apto 81. Vila Clementino, São Paulo, SP, CEP 04127-000 | e-mail: floraacao@gmail.com

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

OLIVEIRA, Douglas Santos; RODRIGUES, Domingos Savio; OLIVEIRA, Clovis José Fernandes de. Telhados Verdes: Uma Proposta Para O Uso Com Espécies Nativas Do Brasil. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 111-126, ago. 2021.** 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.MIX2021.v7.n3.111-126>.

**DATA DE ENVIO:** 01/01/2021

**DATA DE ACEITE:** 05/05/2021

# VEGANISMO E CONSUMO CONSCIENTE: REFLEXÕES SOBRE O SETOR DE VESTUÁRIO BRASILEIRO

*VEGANISM AND CONSCIOUS CONSUMPTION: THINKING ABOUT THE BRAZILIAN CLOTHING SECTOR*

**VALDECIR BABINSKI JÚNIOR, M.Sc.** | IFSC  
**MARIANA MOREIRA CARVALHO** | UDESC  
**MARIANA LUÍSA SCHAEFFER BRILHANTE** | UDESC  
**DULCE MARIA HOLANDA MACIEL, Dra.** | UDESC  
**NEIDE KÖHLER SCHULTE, Dra.** | UDESC

## RESUMO

O surgimento de marcas como Ahimsa (São Paulo), Apuê (Paraná) e Insecta Shoes (Rio Grande do Sul), entre 2013 e 2015, pode sinalizar um cenário de mudança no panorama do consumo consciente no Brasil, em especial, em relação ao veganismo. A partir dessa hipótese, o presente artigo objetiva evidenciar, por meio de levantamento bibliográfico, quais são as marcas nacionais de vestuário que atendem aos consumidores veganos, bem como quais os segmentos de mercado em que atuam. Para tanto, foram utilizados dados secundários de pesquisas já realizadas sobre o tema, o que permite compreender este artigo, metodologicamente, como pesquisa bibliográfica, descritiva e qualitativa. Os resultados alcançados confirmaram a hipótese traçada inicialmente e indicaram a existência de dezoito marcas declaradamente veganas em atuação no país, em especial, nos segmentos de moda casual, de acessórios e de calçados.

**PALAVRAS CHAVE:** Veganismo; Consumo Consciente; Indústrias Têxtil e de Confecção

## ABSTRACT

*The emergence of brands such as Ahimsa (São Paulo, Brazil), Apuê (Paraná, Brazil) and Insecta Shoes (Rio Grande do Sul, Brazil) between 2013 and 2015 may signal a scenario of change in the panorama of conscious consumption in Brazil, especially in relation to veganism. Based on this hypothesis, this article aims to highlight, through a bibliographic survey, which national clothing brands serve vegan consumers, as well as which market segments they operate in. For this purpose, secondary data from research already carried out on the subject were used, which makes it possible to understand this article, methodologically, as bibliographic, descriptive and qualitative research. The results achieved confirm the hypothesis outlined initially and indicate the existence of eighteen vegan brands that are operating in the country, especially in the casualwear, accessories and footwear segments.*

**KEY WORDS:** Veganism; Conscious Consumption; Textile and Clothing Industries



## 1. INTRODUÇÃO

O veganismo pode ser compreendido como um estilo de vida que condena todas as práticas relacionadas à exploração e à crueldade animal, estejam elas voltadas à alimentação, à beleza, à estética ou ao vestuário (SCHULTE, 2015). Dunlap et al. (2000) observam que essa forma de pensar popularizou-se nas últimas décadas entre os jovens da geração Y — também conhecida como geração do milênio. Já no início da década de 2000, os autores apontavam que estes jovens apresentavam maior consciência ambiental do que as demais gerações ao longo de toda sua trajetória. Ainda, eles acreditavam que o nível de consciência ambiental iria progredir à medida que a escolaridade e a renda destes sujeitos também crescessem. Cerca de duas décadas depois, pode-se vislumbrar que o cenário projetado por Dunlap et al. (2000) se concretizou parcialmente.

Segundo o Instituto Akatu (2018), em seu relatório sobre o panorama do consumo consciente no Brasil, os consumidores da geração Y acreditam que as marcas deveriam ter um posicionamento mais responsável em termos socioambientais, contudo, o carro próprio segue como líder no ranqueamento das preferências desses jovens, à frente, por exemplo, do desejo por produtos com maior durabilidade ou do consumo de alimentos saudáveis. A pesquisa do Instituto Akatu (2018) ouviu homens e mulheres, de todas as classes sociais, em doze regiões metropolitanas brasileiras e constatou que, para 59% dos respondentes, as marcas deveriam trazer maiores benefícios para o meio ambiente e para a sociedade como um todo, além de cumprir as leis do país.

Por observação empírica, percebe-se que, em meio à grande massa brasileira consumidora que demonstra preocupação com o posicionamento de marcas acerca da sustentabilidade, há um grupo de sujeitos interessados em marcas que se declaram veganas. Segundo Schulte (2015), esse grupo é formado por consumidores que, comumente, possuem uma filosofia de vida pautada nos direitos dos animais e, portanto, repudiam o consumo de qualquer produto considerado especista. Para a autora, isso implica na rejeição de alimentos, de artigos do vestuário, de medicamentos e até de formas de entretenimento que envolvam animais, direta ou indiretamente. Conforme declara Felipe (2014), anualmente, 56 bilhões de animais são mortos para servirem ao consumo humano, ao redor do planeta, o que representa 154 milhões de mortes por dia.

Sobre os consumidores veganos, Schulte (2015, p. 20) assevera que “[...] geralmente, são consumidores criteriosos [...]”, cujos hábitos de compra compreendem: (I) à

conferência da composição e da origem das matérias-primas; e (II) à averiguação do processo de produção, estocagem e distribuição dos produtos. Em publicação no endereço eletrônico da revista Forbes, a colunista Gabriela Arbex (2019) menciona que esses consumidores criteriosos representam um mercado que cresce, aproximadamente, 40% ao ano. Segundo Mathieu e Dorard (2016), mundialmente, os consumidores veganos representam 5% da população de Israel, 2% da população da Inglaterra e dos Estados Unidos e 1% dos alemães e dos australianos. Sobre o Brasil, a jornalista Juliana Carreiro (2018), do jornal *O Estado de S. Paulo*, afirma que os consumidores veganos formam, hoje, um grupo de cerca de cinco milhões de brasileiros que, conforme dados apresentados pela Sociedade Vegetariana Brasileira (2018), cresceu 75% entre 2012 e 2018.

Nessa perspectiva, observa-se que muitas empresas brasileiras advindas do setor de vestuário surgiram ou mudaram suas estratégias para atender aos hábitos dos consumidores adeptos ao veganismo. Marcas como Ahimsa (São Paulo), Apuê (Paraná) e Insecta Shoes (Rio Grande do Sul), criadas entre 2013 e 2015, empregam materiais sustentáveis, ecoeficientes e tecnológicos — e colocam em discussão questões que foram pouco vislumbradas até outrora, como o posicionamento das indústrias têxtil e de confecção em relação aos direitos dos animais e o horizonte da cadeia do curtimento do couro no Brasil.

Diante do exposto, o presente artigo possui como objetivo evidenciar, por meio de levantamento bibliográfico, quais são as marcas brasileiras de vestuário que atendem aos consumidores veganos, bem como os segmentos de mercado em que atuam. Para tanto, o corpo de conhecimento do artigo pautou-se em uma revisão bibliográfica básica com base na hipótese de que, além das marcas supramencionadas, existem outras que suprem as necessidades dos consumidores veganos em diferentes segmentos. Nesse contexto, entende-se por segmento de mercado o grupo de empresas que possui produtos com características específicas no universo das indústrias têxtil e de confecção, a exemplo dos segmentos moda praia (*beachwear*), moda noiva (*bridalwear*) e moda íntima (*underwear*).

Na perspectiva de Gil (2008), compreende-se esse artigo como pesquisa bibliográfica, descritiva e qualitativa. Nesse sentido, importa ressaltar que: (I) os dados bibliográficos envolveram o levantamento de autores por afinidade ao tema, tais como Schulte (2015) e Souza (2018); (II) para a investigação acerca das marcas e dos consumidores veganos no Brasil, foram coletados dados secundários

(desk research), tendo em vista a limitação de recursos financeiros desta pesquisa; e (III) após a coleta, os dados foram analisados e tratados de modo interpretativo.

Vale destacar, ainda, que este artigo é oriundo do projeto de pesquisa Inovação de materiais têxteis e Modelagem de Negócios, que é coordenado pela Professora Doutora Dulce Maria Holanda Maciel na Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). O projeto visa articular temas como sustentabilidade, Indústria 4.0 e ecoeficiência para realizar a proposição de um método de diagnóstico quanto à utilização de tecnologias emergentes no contexto das empresas têxteis do estado de Santa Catarina (SC). Esse artigo insere-se, portanto, como aporte para compreensão de um cenário mais abrangente (nacional) acerca de temas aderentes à sustentabilidade — como, nesse caso, o veganismo.

Por fim, compreende-se que a estrutura deste artigo parte de uma revisão bibliográfica narrativa e assistemática de estudos sobre marcas e consumidores veganos no Brasil para, ao final, validar ou não a hipótese levantada pelos autores. A revisão realizada não teve critérios de seleção pré-estabelecidos, mas privilegiou autores mencionados nos achados acadêmicos de Schulte (2015). Interessa destacar que a pesquisa foi conduzida no ano de 2019 e a escrita do artigo ocorreu em 2020.

## 2. VESTUÁRIO E VEGANISMO

Antes de compreender como estão configuradas as marcas e como se comportam os consumidores adeptos ao veganismo no Brasil, faz-se importante conceituar o termo. Para Schulte (2015), o veganismo pode ser compreendido como uma forma de resignificação da relação entre o ser humano e os animais. Segundo Brügger (2009, p. 206), trata-se de uma “[...] proposta de conduta ética que prega a libertação dos animais não-humanos por meio da abolição de todas as formas de exploração”. Para ambas as autoras, essas formas de exploração se dão por imposição do ser humano, que utiliza de animais para alimentar-se, vestir-se, entreter-se, por esporte, por lazer ou para estudos.

Na perspectiva de Souza (2018), os veganos adotam práticas que caracterizam sua visão de mundo (*world-view*), sendo elas: (I) a recusa ao consumo de toda e qualquer forma de alimento que possua origem animal, ainda que parcialmente, desde mantimentos coloridos à base do corante carmim (cochonilha) até produtos de apicultura; (II) a rejeição aos produtos de higiene que utilizam ingredientes de procedência animal, como cremes dentais de glicerina animal ou sabonetes de sebo; (III) o boicote às empresas que realizam testes em cobaias animais; (IV) o desprestígio aos entretenimentos que utilizam animais,

como zoológicos e vaquejadas, bem como aos esportes que tenham o mesmo fim, como competições de hipismo e corridas de cães; (V) a renúncia ao uso de animais como meio de transporte; (VI) a desaprovação para com rituais religiosos que ferem a ética vegana; (VII) o posicionamento contrário a toda forma de exploração animal; (VIII) a defesa do fim do especismo por meios que não gerem violência, seja contra humanos ou contra não-humanos; e (IX) a prática coerente e não discriminatória quanto ao tratamento para com outros seres humanos.

Brügger (2009) menciona que, entre as práticas veganas, também estão a objeção ao uso de peças de vestuário que tenham como matéria-prima partes de animais e o veto à utilização de animais para observação de fenômenos e para a produção de ensaios acadêmicos ou clínicos, tais como a vivissecção e outras intervenções invasivas em organismos vivos.

Sobre a exploração de animais no vestuário, Araújo e Nascimento (2017) afirmam que, ao longo da história, o ser humano passou a desenvolver técnicas aprimoradas para arrebanhar e deter os animais junto de suas tribos. Esses animais eram utilizados de formas diversas, desde força de tração para a agricultura até alimentação, uma vez que poderiam prover carne, leite ou ovos. Quando não mais cumpriam com sua utilidade, os animais eram mortos, suas peles eram transformadas em indumentárias e seus ossos em ferramentas, como agulhas de costura rudimentares. Desde então, o uso de animais não-humanos para fins de vestuário cresceu aceleradamente até que, em meados da década de 1970, surgiram os primeiros questionamentos éticos acerca do uso de peles nas indústrias têxtil e de confecção (SCHULTE, 2015; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2017).

Segundo aponta Schulte (2015), à época, apesar do uso de peles e de sua venda continuar a movimentar o setor de vestuário, sua exibição passou a deter uma conotação negativa que flutuava entre a associação da imagem do consumidor ao desrespeito para com questões ambientais até propensão a inclinações assassinas. Para a autora, a partir de então, o consumo consciente começou a esboçar-se no horizonte do vestuário, fosse por meio da reprovação social ao uso de peças marcadamente de origem animal, como casacos de chinchila ou bolsas de couro de jacaré, fosse pela carga pejorativa ligada aos excessos dessas indústrias, como apresentava a premissa dos movimentos *hippie* e *flower-power*.

Matharu (2011) afirma que, na década de 1990, o uso de peles pelas indústrias têxtil e de confecção passou a ser questionado com ainda mais veemência. Segundo

o autor, a partir da campanha *preferimos sair nuas do que usar peles*, lançada em 1994 pela Organização Não Governamental (ONG) People for the Ethical Treatment of Animals (PETA) com a participação de modelos como Cindy Crawford, Naomi Campbell e Claudia Schiffer, o mercado de moda viu-se forçado a criar estratégias anti-crueldade (Figura 1).



**Figura 1:** Campanha preferimos sair nuas do que usar peles, da ONG PETA  
**Fonte:** Pennington (2019).

Acerca da campanha da ONG PETA (Figura 1), Matharu (2011, p. 62) considera que:

[...] essa foi a maior e mais poderosa mensagem contra o uso das peles na moda, e resultou em uma redução no número de grifes que as usavam em suas coleções. A campanha do PETA teve grande influência, e criou uma conscientização necessária. As pessoas em geral estavam mais conscientes e queriam fazer a diferença. Economicamente, o movimento também se justificava — nenhuma grife de moda queria atrair a publicidade adversa que poderia causar um boicote a seus produtos.

Nas décadas seguintes, o questionamento acerca do uso de peles e de testes em animais continuou a crescer, apesar da resistência de algumas grifes tradicionais de grande influência na época, tais como Armani, Roberto Cavalli e Marc Jacobs. Com o tempo, a militância socioambiental promoveu a adesão de jovens consumidores que, aos poucos, passaram a se indagar como consumir de forma menos prejudicial ao meio ambiente e de maneira mais consciente (MATHARU, 2011).

Pinheiro, Steinhaus e Cherutti (2018) apontam que os consumidores veganos modernos buscam, no vestuário, a oportunidade de reafirmar crenças e hábitos relacionados

ao estilo de vida que adotaram. Nesse sentido, a preferência de compra recai sobre peças que utilizam tecidos naturais e orgânicos — a exemplo do algodão, do linho e do cânhamo — que devem ter sido fabricadas de modo socialmente justo e ambientalmente correto. Ou seja, os insumos utilizados na manufatura dos tecidos não devem envolver o uso de adubos químicos solúveis em água ou agrotóxicos de qualquer natureza, tampouco devem ser testados em animais.

Schulte (2015), Mathieu e Dorard (2016) e Souza (2018) sustentam que, para compreender o consumo consciente em sua articulação com o veganismo, faz-se importante esclarecer o que é especismo e ética ambiental biocêntrica. Desse modo, o próximo tópico discute abordagens ao assunto do ponto de vista dos autores supracitados, além de acrescentar contribuições de Felipe (2007; 2014), Gomes e Felipe (2014) e Vita et al. (2019).

## 2.1. Especismo e ética ambiental biocêntrica

Na visão de Felipe (2007; 2014) e Gomes e Felipe (2014), o especismo constitui-se na discriminação exercida pelos seres humanos para com animais de outras espécies. Conforme observam as autoras, o termo foi dado por Sir Richard D. Ryder, por volta de 1970, para definir as relações opressoras provocadas pelos seres humanos que se posicionavam acima de todos os outros animais, em uma hierarquia pautada no utilitarismo e na mais-valia. Felipe (2014, p. 12) esclarece que:

O especismo, fazendo par com o racismo e o machismo, é a forma de preconceito mais enraizada e generalizada na mente humana. Ela afeta igualmente homens e mulheres, em hábitos tidos como sagradas tradições: alimentação, moda, medicamentos e lazer [...].

Felipe (2007) elucida que o especismo pode ser de duas naturezas: (I) elitista, que se baseia na superioridade dos seres humanos por sua capacidade de raciocínio lógico; e (II) eletivo ou afetivo, no qual considera-se digno de simpatia apenas um determinado animal, ao qual devota-se ternura ou compaixão. Para além dessa predileção, os demais animais continuam a ser vistos como seres inferiores. A autora destaca que o especismo pode ser compreendido, ainda, enquanto chauvinismo: trata-se do “[...] preconceito através do qual as qualidades de outra pessoa nunca são consideradas tão boas quanto as próprias qualidades [...]” (FELIPE, 2007, p. 171–172).

No entendimento de Felipe (2007; 2014) e Gomes e Felipe (2014), o sujeito chauvinista se autoproclama superior por sua própria natureza racional. Com base nessa

compreensão, Schulte (2015) indica a ética ambiental biocêntrica como contraponto ao chauvinismo e ao especismo, seja elitista ou eletivo. Para a autora, o argumento central da ética ambiental biocêntrica consiste na defesa de que, embora existam deveres dos seres humanos para com outros seres humanos, há que se considerar os deveres moralmente requeridos que implicam em benefícios ou prejuízos para os animais, em especial, os seres selvagens do mundo natural. A autora afirma que:

Os fundamentos da ética ambiental biocêntrica propõem um sistema de crenças para que humanos respeitem o “bem próprio” das coisas vivas em sua singularidade. É uma tentativa de estabelecer as bases racionais de um sistema de princípios morais, que guie o tratamento humano para com o ecossistema natural e para com as comunidades selvagens (SCHULTE, 2015, p. 94).

Schulte (2015, p. 95) considera que é possível observar “[...] uma estreita proximidade entre a proposta da ética ambiental biocêntrica e o modo de vida dos veganos”. A autora acredita que, em ambos os casos, há uma visão de mundo compartilhada em que se reconhece a existência de uma determinada equidade entre seres humanos, não-humanos e o mundo natural. Na convergência dessas propostas, os interesses humanos não são considerados superiores aos interesses animais e o mundo natural não existe apenas como objeto para a exploração humana, “[...] nem as criaturas devem ser utilizadas como recursos de nosso uso e consumo [...]” (SCHULTE, 2015, p. 94).

Mathieu e Dorard (2016) e Vita et al. (2019) citam que os consumidores veganos tendem a suprimir ou a rejeitar a visão de mundo especista antropocêntrica, pois não acreditam que haja uma hierarquia piramidal das espécies que celebra seres humanos como dominantes no mundo natural. Para as autoras, isso decorre da visão dos consumidores veganos acerca de todas as espécies vivas como seres sencientes. Nesse sentido, Felipe (2014, p. 4) destaca que:

[...] os animais são seres sencientes. Eles existem biopsiquicamente da mesma forma como viemos nós, humanos, a existir, e sobrevivem por conta de sua mente inteligente, sensível, consciente e capaz de aprendizado.

A partir do exposto por Felipe (2014), acredita-se que, se a ética ambiental biocêntrica e a condição senciente das espécies vivas forem respeitadas, o consumo consciente pode gerar cenários de ação generalizada, o que implicaria em mudanças expressivas na forma como vivem e consomem os sujeitos contemporâneos. Por exemplo, ao conduzirem uma pesquisa sobre mudanças nos

padrões de vida de consumidores europeus, Vita et al. (2019) concluíram que, se a dieta alimentar vigente da população da Europa fosse a vegana, a emissão de carbono decairia 14% ao ano e o uso do solo seria reduzido, gradativamente, em 4% ao ano.

Assim, compreendidos os conceitos de especismo e ética ambiental biocêntrica, procede-se para a discussão sobre marcas e consumidores veganos. Conforme explora o próximo tópico desse artigo, essa discussão está pautada em dados secundários levantados e obtidos por intermédio de pesquisas realizadas nos últimos dez anos.

## 2.2. Marcas e consumidores

Em face da realização de uma pesquisa sobre as dimensões psicológicas que levam os consumidores modernos a adotarem comportamentos alimentares seletivos, Mathieu e Dorard (2016) citam como principais motivações da adesão ao vegetarianismo e ao veganismo: (I) a associação com experiências sensorialmente negativas, como exemplo a repulsa e o nojo provocados pela ingestão de alimentos de origem animal; (II) os preços dos alimentos; (III) as crenças de ordem familiar; (IV) a influência de cônjuges; (V) a interferência religiosa que pode prescrever hábitos adequados ou inadequados aos seus seguidores; (VI) a preocupação com a saúde e com a aparência corporal; e, principalmente, (VII) as razões éticas. Para as autoras, a escolha do veganismo por razões éticas está relacionada com considerações morais, emocionais e filosóficas quanto ao bem-estar animal.

De modo similar, a respeito do consumo consciente, Toni, Larentis e Mattia (2012) asseveram que este é um ato que envolve o sentimento de responsabilidade, por parte do consumidor, para com a preservação e o bem-estar, tanto em âmbito individual, como coletivamente. Na busca por compreender tal relação e sua manifestação diante da juventude (geração Y), os autores realizaram uma pesquisa com 743 estudantes universitários, sendo 45,1% destes do sexo masculino, 54,9% do sexo feminino, 86% com menos de 30 anos e 60% com idade entre 16 a 24 anos. Como resultado, os autores afirmam que,

[...] para os entrevistados, o conceito de consumo consciente é uma ação de consumo sem desperdício, por meio do uso racional de recursos, da preservação do meio ambiente, de consumir produtos ecologicamente corretos e de responsabilidade com o planeta, capazes de gerar sentimentos de bem-estar [...] (TONI; LARENTIS; MATTIA, 2012, p. 125).

A partir do exposto por Toni, Larentis e Mattia (2012), denota-se que o consumo consciente pode ser entendido enquanto prática do comportamento pró-sustentabilidade que reitera a responsabilidade dos consumidores para com a prosperidade do planeta. Nesse espectro, encontram-se vários grupos de consumidores que compartilham princípios similares, tais como ovolactovegetarianos (que não consomem carnes animais), lactovegetarianos (que não consomem carnes nem ovos de animais), vegetarianos estritos (que não consomem carnes, ovos e laticínios, tais como iogurte, queijo e outros derivados do leite) e veganos (que não consomem nada de origem animal, inclusive produtos não-alimentícios). Entre esses grupos, Mathieu e Dorard (2016) citam os crudiveganos. Para as autoras, trata-se de um grupo que adota o crudivorismo ou o frutivorismo, isto é, combinam a dieta vegana como o consumo de alimentos exclusivamente crus, como frutas, verduras e grãos, ou com hábitos alimentares estritamente baseados em frutas.

Mathieu e Dorard (2016) também esclarecem que o grupo vegetariano engloba os consumidores: (I) pescovegetarianos, que toleram o consumo de peixes e frutos do mar; (II) semi-vegetarianos, que apesar de excluírem a carne vermelha, ainda consomem outras carnes, como as de porcos, de aves e de peixes; (III) flexitaristas, que apresentam uma dieta predominantemente vegetariana, todavia, consomem carnes e produtos de origem animal em ocasiões especiais, como celebrações de casamento e jantares em família. Em verdade, Mathieu e Dorard (2016) compreendem flexitaristas como consumidores onívoros que reduziram o hábito de consumir produtos oriundos da crueldade animal, mas que ocasionalmente o fazem.

Para Provin (2018), os consumidores veganos, em específico, formam um nicho de mercado que busca suprir suas necessidades pessoais por meio da concretização de uma filosofia de vida de respeito aos animais não-humanos. A autora afirma que esses consumidores desejam e esperam que empresas e indústrias possam garantir uma oferta contínua de produtos livres de crueldade animal, principalmente quanto aos setores de alimentos, de vestuário e de beleza. Sobre o vestuário, Bügger (2009) cita que os consumidores adeptos ao veganismo têm por hábito não utilizar peças de couro animal — ou qualquer outro tipo de pele —, tampouco lãs ou sedas. Para Araújo e Nascimento (2017), isto significa optar pelo consumo de peças de vestuário que não contenham peles, penas, pelos, conchas, secreções animais, ossos ou pérolas.

Por sua vez, Schulte (2015) realizou uma pesquisa de campo com 10 consumidores declaradamente veganos, todos palestrantes e formadores de opinião, de

ambos os sexos, durante a 12ª edição do Festival Vegano Internacional, que aconteceu na cidade do Rio de Janeiro (RJ), entre os dias 22 e 25 de julho de 2009.

A partir da pesquisa empreendida, observa-se que Schulte (2015) corrobora com o exposto por Araújo e Nascimento (2017) ao citar como características do comportamento vegano: (I) a preferência por peças de vestuário básicas; (II) o fato de consumidores veganos considerarem o item vestuário como um tópico importante em seu cotidiano; (III) a rejeição ao vestuário datado, que pode ser compreendido como “aquilo que está na moda agora”; (IV) a descrença em marcas famosas e na transferência do status destas para seus usuários; (V) o descarte das peças, que ocorre apenas quando há o desgaste físico do vestuário, isto é, quando as peças atingem sua obsolescência material; (VI) a utilização das peças pelo maior tempo possível; (VII) a indignação mediante a ausência de informações quanto à origem das peças de vestuário, bem como quanto à sua composição; (VIII) a afirmação de que poderiam comprar peças com ainda menos frequência do que compram (se comparada à frequência de compra da massa consumidora); e (IX) o cuidado com a manutenção e a higienização das peças em uso com foco no prolongamento de sua vida útil.

Schulte (2015) afirma que os consumidores veganos entrevistados demonstraram, também, que consideram a estética e o conforto das peças de vestuário como um fator importante para sua aquisição. Ainda sobre o processo de decisão de compra, a autora constatou que estes consumidores não possuem o hábito de comprar peças de vestuário de segunda mão, tampouco de trocá-las ou alugar, contudo, consideram as indústrias têxtil e de confecção como insustentáveis e distantes de práticas socioambientais responsáveis.

Empiricamente, observa-se que os consumidores veganos debatem sua responsabilidade sobre o ato de consumir de modo mais assíduo do que os demais consumidores. Para eles, faz-se importante discutir as questões éticas relacionadas aos direitos dos animais, bem como seu comportamento e posicionamento moral acerca da interação com as outras formas de vida no planeta. De forma a atestar tal interpretação, Schinaider e Silva (2018) declaram que as principais motivações que orientam o ato da compra dos consumidores veganos são: (I) saúde; (II) intenção comportamental; (III) alimentos eco inovadores; (IV) direito dos animais; e (V) meio ambiente.

Schinaider e Silva (2018) alcançaram as conclusões supracitadas por meio de questionários aplicados com participantes de grupos pró-veganismo na rede social

Facebook. Os autores listaram, em 2017, 20 grupos que estão voltados para a discussão do veganismo e suas implicações. São eles: (I) Brasileiros veganos, sustentáveis e simpatizantes pelo mundo (4.436 membros); (II) Canal do vegetariano e vegano (4.918 membros); (III) Classificados veganos (5.599 membros); (IV) Cosméticos veganos (22.597 membros); (V) Empreendedorismo vegano (1.107 membros); (VI) Eventos veganos — Santa Catarina (1.680 membros); (VII) Hoje sou vegetariano/vegano (4.044 membros); (VIII) Low e No Poo vegano (29.363 membros); (IX) Mundo vegano (18.021 membros); (X) Restaurantes veganos São Paulo (17.958 membros); (XI) Ser vegano em Salvador (3.740 membros); (XII) Vegano e sem glúten — produtos, dicas e receitas (12.509 membros); (XIII) Veganos — a revolução começou (19.866 membros); (XIV) Veganos (as) e vegetarianos (as) — Brasília (14.750 membros); (XV) Vegetarianos e veganos Curitiba (10.325 membros); (XVI) Vegetarianos e veganos de João Pessoa (2.733 membros); (XVII) Porto Alegre Vegan (2.601 membros); (XVIII) Vegetarianos e veganos do Recife (9.918 membros); (XIX) Vegetarianos e veganos Londrina (2.646 membros); e (XX) Vegetarianos/veganos — RS (5.013 membros).

Schinaider e Silva (2018) salientam que a aplicação do questionário ocorreu entre os meses de março e abril de 2017 e teve como amostra final um total de 386 respondentes. Importa ressaltar que, na visão de Figueira (2019, p. 13, grifo da autora),

[...] há muitas comunidades no Facebook e no Instagram sobre o tema, que contêm uma gama de informações sobre restaurantes, eventos, feiras e encontros. Muitos também apresentam as mais variadas receitas e cardápios, para pessoas que pretendem fazer a transição para o veganismo [...].

Para Figueira (2019), as redes sociais oportunizam a captura de informações sobre a dinâmica dos consumidores veganos, pois há nelas liberdade para compartilhar experiências e hábitos de consumo. Na perspectiva apontada por Mathieu e Dorard (2016, p. 730, tradução nossa), as redes sociais funcionam como um fator de manutenção para os consumidores veganos: “[...] ao inscrever-se nestes grupos, procura-se apoio e incentivo para desenvolver a reflexão e a motivação necessárias para ser ou tornar-se vegano”. Em corroboração com Mathieu e Dorard (2016) e Schinaider e Silva (2018), o estudo de Bernardes (2016) também partiu da aplicação de um questionário junto a um grupo da rede social Facebook. No caso desse autor, trata-se do grupo Ogros Veganos (173.000 membros). O questionário foi aplicado em outubro de 2016 e obteve 32 respostas, 91,7% advindas de jovens de ambos os sexos entre 20 e 28 anos.

Em sua pesquisa, Bernardes (2016) constatou que 94,4% dos consumidores veganos respondentes já optaram por não adquirir uma peça de vestuário por haver material de origem animal empregado e, também, que 77,8% desses preferem fazer compras em lojas de ruas especializadas no veganismo ou por meio do endereço eletrônico de marcas veganas. O autor concluiu que:

[...] todos [os] entrevistados gostariam de consumir produtos de moda que garanta [sic] o comprometimento com a filosofia vegan, e que esse consumidor está disposto a pagar caro por esses produtos (BERNARDES, 2016, p. 30).

Por sua vez, Figueira (2019) procedeu a uma pesquisa de campo com observação participante para coletar relatos de consumidores veganos acerca dos produtos cosméticos que utilizam. Por intermédio de entrevistas semiestruturadas que duraram, em média, 1h30min., a autora colheu 11 relatos de março até outubro de 2018. Entre as conclusões de seu estudo, Figueira (2019, p. 71) cita que os consumidores veganos sentem-se pertencentes a uma comunidade ascética e “[...] por isso, estão dispostos a negociar o valor que atribuem a convenções sociais [...]”.

As convenções sociais a que se refere Figueira (2019) estão relacionadas aos padrões de beleza hegemônicos na contemporaneidade. Para a autora, entre os entrevistados — vale ressaltar, 10 das 11 entrevistas foram com mulheres — observou-se que seus hábitos indicavam a busca por produtos cosméticos livres de crueldade animal, preferencialmente, oriundos de produtores locais. Outro hábito verificado foi o de produção artesanal e doméstica dos próprios cosméticos. Na visão da autora, esses comportamentos reafirmam e validam a filosofia de vida vegana.

Igualmente, no intuito de compreender quais as demandas dos consumidores veganos, Martins e Ferreira (2017) elaboraram duas pesquisas de campo: (I) na primeira, as autoras entrevistaram 5 marcas brasileiras declaradamente veganas; e (II) na segunda pesquisa, as autoras aplicaram um questionário com consumidores entre 18 até 24 anos via formulário eletrônico, entre 13 e 16 de maio de 2016, o qual retornou 78 respostas.

Sobre as empresas entrevistadas, Martins e Ferreira (2017) concluíram que há controvérsias no tangente à certificação e procedência dos produtos, o que pode estar ligado à informalidade do processo produtivo que, por sua vez, pode levar o consumidor ao erro. Acerca das demandas dos consumidores veganos, as autoras averiguaram que: (I) 74% dos respondentes se interessaram pelo estilo de vida vegano depois de ler e se informar sobre o assunto; (II) 97% acreditam no vestuário como forma de

comunicação; (III) 96% consideram importante que as empresas do setor atendam preceitos da filosofia de vida vegana; (IV) 90% preferem que os produtos ofertados pelas empresas possuam selos e/ou certificações veganas; (V) 86% afirmam que não encontram opções veganas quanto ao vestuário formal; (VI) 45% expressaram que tecidos e materiais deveriam ser os aspectos mais acentuados no vestuário vegano; e (VII) 63% concordam com a substituição de materiais têxteis de origem animal por insumos sintéticos que imitem a aparência animal, tal como o couro falso e a seda artificial.

Em seu estudo, Martins e Ferreira (2017) indicam que, no Brasil, existem 16 marcas de moda que se declaram abertamente contra a crueldade animal: (I) Insecta Shoes; (II) Vegano Shoes; (III) Ahimsa; (IV) La loba; (V) Canna Acessórios; (VI) Zerezes; (VII) Svetlana; (VIII) King 55; (IX) Nicole Bustamante; (X) Fauna VegStore; (XI) Gustavo Silvestre; (XII) CofiWear; (XIII) Bambusa Brasil; (XIV) Renata Buzzo; e (XV) ADA. Além das marcas citadas, Bernardes (2016) apresenta a Maria Oiticica Biojóias (Figura 2).



**Figura 2:** A designer Maria Oiticica posa ao lado de suas criações  
**Fonte:** Passos (2020).

Pinheiro, Steinhaus e Cherutti (2018) tecem considerações sobre 2 das 16 marcas citadas por Martins e Ferreira (2017): Nicole Bustamante e Vegano Shoes. Segundo os primeiros autores, na marca Nicole Bustamante desenvolvem-se peças artesanais que recebem estampas originais e exclusivas inspiradas na natureza. “Além disso, a marca garante não utilizar nenhuma matéria-prima de origem animal [...]” (PINHEIRO; STEINHAUS; CHERUTTI, 2018, p. 24). De maneira similar, na Vegano Shoes, o desenvolvimento de peças segue a vigilância quanto aos princípios do veganismo: toda a cadeia de fornecimento de insumos é rastreada para garantir a oferta de produtos livres de componentes animais. Ademais, os materiais empregados pela marca privilegiam a decomposição rápida quando

em lixões e aterros sanitários, além de reciclarem tecidos rejeitados pelas indústrias tradicionais — como no caso da bota Naturale Floral, que combina tecidos reciclados e borracha (Figura 3).



**Figura 3:** Bota vegana da marca Vegano Shoes  
**Fonte:** Vegano Shoes (2020).

Já na pesquisa de Provin (2018), os dados foram coletados a partir de uma varredura no endereço eletrônico de revistas de moda e de organizações veganas e vegetarianas, tais como Vista-se e Sociedade Vegetariana Brasileira, com a finalidade de apontar marcas veganas em atuação no país. Para seu estudo, a autora selecionou 4 das empresas encontradas, segundo seus segmentos: (I) Insecta Shoes, no segmento calçadista; (II) Renata Buzzo, na moda noiva; (III) La Loba, no segmento de acessórios; e (IV) King 55, na moda casual e de rua (streetwear) (Figura 4).



**Figura 4:** Tênis vegano da marca King 55  
**Fonte:** Passos (2020).

Após proceder a análise dos conceitos adotados e dos produtos confeccionados por cada uma das empresas supramencionadas, Provin (2018) destacou algumas

percepções sobre as marcas veganas: (I) há marcas que frisam questões para além do veganismo, o que pode envolver temas como reaproveitamento, *slow fashion* (moda lenta) e *upcycling* (incremento do ciclo de vida de um produto a partir de matéria-prima não virgem); (II) a comunicação das marcas está voltada para demonstrar suas preocupações pró-sustentabilidade que são expressas, visivelmente, por meio de materiais sobre a origem dos produtos confeccionados, a mão de obra utilizada, os insumos e os recursos empregados, assim como, os impactos socioambientais e econômicos provocados no processo produtivo e o respeito aos direitos dos animais não-humanos; e (III) há uma preocupação quanto ao relacionamento com os consumidores, de modo que estes são convidados para vivenciarem e participarem, de algum modo, da experiência vegana proposta por cada marca. Por fim, Provin (2018, p. 59) afirma que,

Pode-se dizer que todas as marcas [analisadas] possuem em comum a vontade de mostrar às pessoas que é possível criar, vender e consumir moda sem torná-la supérflua e algo banal, ou seja, através desta linguagem é possível transmitir ideais e valores na tentativa de atingir um planeta mais justo [...].

Guarienti et al. (2018), ao pesquisarem o discurso pró-veganismo de 18 marcas ao redor do mundo, também obtiveram uma conclusão similar à de Provin (2018). Os autores se propuseram a buscar respostas para a pergunta de pesquisa: “como e quais as práticas de sustentabilidade são aplicadas no design e na fabricação de calçados” (GUARIENTI et al., 2018, p. 119). Com este intuito, foram pesquisados os endereços eletrônicos de marcas brasileiras, britânicas, americanas, francesas, italianas, holandesas, canadenses e espanholas. Os resultados foram analisados com base nas categorias da certificação *Cradle to Cradle* (do berço ao berço), proposta por McDonough e Braungart (2013), isto é, segundo: (I) os materiais empregados; (II) o fim do ciclo de vida de seus produtos; (III) a energia consumida no processo produtivo; (IV) a água utilizada para a manufatura de seus produtos; e (V) mediante sua responsabilidade social.

Os resultados encontrados por Guarienti et al. (2018) apontaram que, dentre as marcas pesquisadas, 55% adotam o veganismo como ideologia e se utilizam de conceitos pró-sustentabilidade para legitimar seus princípios. Segundo os autores: (I) 100% das marcas analisadas declararam algum tipo de informação quanto à origem dos materiais que empregam em seus calçados; (II) 83% disponibilizavam, à época do estudo, conteúdos em meio

eletrônico sobre o aspecto social da marca; (III) 44% apresentavam algum tipo de dado sobre o consumo de energia; (IV) 27% das marcas tinham tornado público o uso de água para os respectivos processos produtivos; e, por fim, (V) apenas 22% destas haviam tornado transparente o processo de fim de vida de seus produtos para os potenciais consumidores.

Vale ressaltar que, no estudo de Guarienti et al. (2018), aproximadamente 17% das marcas pesquisadas não se autodeclararam veganas, apesar de produzirem calçados com a finalidade de atender consumidores veganos. Nesse sentido, Araújo e Nascimento (2017) salientam que há marcas de diversos portes não declaradamente veganas que também produzem peças de vestuário, calçados e/ou acessórios sem o emprego de materiais de origem animal. Para Provin (2018, p. 32),

No que tange a moda, o mercado atual brasileiro tem se mostrado mais atento a questões sustentáveis e veganas. Acentuando-se que, nem sempre essas ações surgem de uma marca específica vegana e sustentável, mas muitas vezes por parte de empresários, estilistas e designers que observam esse movimento de clientes preocupados com o meio ambiente [...].

Conforme Araújo e Nascimento (2017) e Provin (2018) apontam em seus estudos, as marcas não declaradamente veganas podem empregar insumos de origem vegetal ou mineral em partes de produtos ou em sua totalidade, sem necessariamente seguir um ideal ético biocêntrico. Este é o caso, por exemplo, de marcas que utilizam tecidos orgânicos e corantes naturais. Na pesquisa de Guarienti et al. (2018), os materiais mais utilizados pelas 18 marcas analisadas foram citados como: (I) borracha de pneu reutilizada; (II) borracha natural; (III) materiais sintéticos; (IV) couro de curtimento livre de cromo (*Chromo Free*); (V) cânhamo, linho e algodão orgânicos; (VI) tecidos de fibras naturais não beneficiadas; (VII) tecidos oriundos de processos manuais, de reaproveitamento ou de reutilização; (VIII) tecidos da fibra do coco e do abacaxi (Pinatex), que imitam a superfície do couro; (IX) tecidos reciclados, com ou sem percentual de polietileno tereftalato (PET); (X) partes de madeiras recuperadas e cortiças; (XI) tecidos biodegradáveis; e (XII) microfibras de poliéster que simulam o toque de camurças e napas. A exemplo, pode-se citar a marca porto-alegrense Tsuru Alfaiataria, da designer Carolina Busanello Rovani (Figura 5). Apesar de não declarar que sua marca é vegana, Carolina emprega em suas criações apenas tecidos orgânicos com comprovação de procedência e de composição.



**Figura 5:** A designer Carolina Busanello Rovani posa com sua peça Camisa Orquídea Caramelo  
**Fonte:** Tsuru Alfaiataria (2020).

Para Bernardes (2016), existem ainda marcas não veganas que se utilizam de parte do conceito do veganismo para promover seus produtos. O autor cita como exemplo marcas que confeccionam camisetas com frases como “coma mais salada” ou “respeite os animais” (Figura 6). Em geral, estas marcas não apresentam informações claras sobre a origem dos materiais empregados em seus produtos, tampouco, se realizam ou não testes em animais.



**Figura 6:** Camiseta Friends Not Food, do anunciante FSL.CONF no marketplace Mercado Livre  
**Fonte:** Mercado Livre (2020).

Assim, diante do exposto, pode-se compreender que o cenário nacional possui marcas veganas interessadas na promoção de comportamentos pró-sustentabilidade que validam ideais éticos de oposição à crueldade animal. Tais marcas, bem como o segmento de mercado em que atuam, serão detalhadas no próximo tópico deste artigo.

### 3. RESULTADOS

A partir da literatura investigada, observou-se que os exemplos levantados acerca das indústrias têxtil e de confecção se comportam conforme três categorias: (I) marcas declaradamente veganas; (II) marcas não declaradamente veganas; e (III) marcas não veganas. Na primeira categoria, há acentuada ênfase na confirmação das escolhas de vida dos consumidores veganos, o que torna essas marcas ativistas. Já na segunda categoria, apesar de não promoverem, abertamente, ideais éticos, as marcas não empregam materiais de origem animal. Tal comportamento foi denominado como inerte. Por fim, as marcas não veganas podem apossar-se de trechos do discurso vegano e simular práticas pró-sustentabilidade, o que as torna sugestionáveis pelas tendências de mercado na visão dos autores desse artigo (Quadro 1).

<b>Categoria</b>	<b>Comportamento das marcas em relação aos consumidores veganos</b>
Marcas declaradamente veganas	Ativistas: validam a filosofia de vida vegana de seus consumidores, bem como seus ideais éticos
Marcas não declaradamente veganas	Inertes: não empregam materiais de origem animal, contudo, não declaram ideais éticos
Marcas não veganas	Sugestionáveis: podem utilizar-se de trechos ou conceitos sobre o veganismo conforme sugerem as tendências de mercado e sem, no entanto, praticá-lo de fato

**Quadro 1:** Categorias de marcas e seu comportamento em relação ao veganismo  
**Fonte:** autores (2021).

Importa ressaltar que: (I) não necessariamente por ser considerada não vegana, uma marca terá um comportamento sugestionável; (II) as categorias estipuladas não se apresentam como herméticas, o que implica dizer que marcas não declaradamente veganas podem transitar entre um ou outro comportamento ao longo de sua existência; e (III) marcas declaradamente veganas podem expressar apoio apenas a um comportamento específico de seus consumidores, sem, no entanto, legitimar sua filosofia de vida como um todo. Sobre estas marcas, encontrou-se na literatura analisada 18 exemplos em segmentos diversos em atuação no Brasil, conforme sintetiza o Quadro 2 (as empresas foram citadas na ordem em que foram encontradas).

<b>Marca</b>	<b>Segmento de mercado</b>
1. ADA	Moda casual
2. Ahimsa	Calçadista
3. Apuê	
4. Bambusa Brasil	Moda íntima

5. Canna Acessórios	Acessórios
6. CofiWear	Moda casual
7. Fauna VegStore	
8. Gustavo Silvestre	
9. Insecta Shoes	Calçadista
10. King 55	Moda casual
11. La Loba	Acessórios
12. Nicole Bustamante	Moda casual
13. Renata Buzzo	Moda noiva
14. Svetlana	Moda casual
15. Vegano Shoes	Calçadista
16. Zerezes	Acessórios
17. Enok	
18. Maria Oiticica Biojóias	

**Quadro 2:** Marcas veganas no cenário brasileiro e seus segmentos de mercado  
**Fonte:** Bernardes (2016), Martins e Ferreira (2017), Provin (2018), Pinheiro, Steinhaus e Cherutti (2018) e Guarienti et al. (2018).

Assim, dentre as marcas declaradamente veganas encontradas e listadas no Quadro 2, aproximadamente 38,8% atuam com moda casual, 27,7% trabalham com acessórios (como mochilas, bolsas e óculos), 22,2% estão no segmento calçadista, 5,5% estão na moda íntima e, por fim, 5,5% estão na moda noiva.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os autores do artigo acreditam ter alcançado o objetivo proposto para a pesquisa, que era o de evidenciar, por meio de levantamento bibliográfico, quais são as marcas nacionais de vestuário que atendem aos consumidores veganos, bem como quais os segmentos de mercado em que atuam. A hipótese traçada de que existiam marcas declaradamente veganas aquém das inicialmente levantadas, a citar Ahimsa, Apuê e Insecta Shoes, foi confirmada a partir da literatura consultada.

Os resultados da pesquisa apontam para a existência de 18 marcas veganas no Brasil em atuação no ano de 2019, principalmente, nos segmentos de moda casual, de acessórios e de calçados. A saber: ADA, Ahimsa, Apuê, Bambusa Brasil, Canna Acessórios, CofiWear, Enok, Fauna VegStore, Gustavo Silvestre, Insecta Shoes, King 55, La Loba, Maria Oiticica Biojóias, Nicole Bustamante, Renata Buzzo, Svetlana, Vegano Shoes e Zerezes. Importa destacar que, como contribuição acadêmica, a pesquisa atualiza os achados de Martins e Ferreira (2017). Como limitação, a pesquisa se ateve, tão somente, ao levantamento de dados secundários, visto que não se obteve, à época de sua realização, recursos financeiros para verificações em campo.

Por fim, para a formação de uma agenda de pesquisa acerca do assunto, recomenda-se que futuros estudos busquem a legitimação das categorias de marcas — declaradamente veganas, não declaradamente veganas e não veganas — por meio de experiências práticas com ênfase em pesquisas aplicadas. Sugere-se, também, que: (I) o estudo seja atualizado anualmente, a fim de se registrarem novas marcas veganas brasileiras e os segmentos em que atuam; (II) o corpo de conhecimento da pesquisa seja ampliado para abarcar novos estudos e abordagens; e (III) que sejam desenhadas estratégias para que as marcas inertes possam transformar-se em ativistas para que, futuramente, tornem-se divulgadoras e propagadoras dos ideais éticos biocêntricos, do consumo consciente e do veganismo.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa) da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), à Direção de Pesquisa e Pós-Graduação (DPPG) do Centro de Artes (Ceart) e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) da instituição.

#### REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Gabriella Ribeiro da Silva e; NASCIMENTO, Luís Cláudio Portugal do. O artificial imitando o animal: a ideia de simulacro no vestuário de vegetarianos veganos. *Projética*, Londrina, v. 8, n. 2, p. 97–112, dez. 2017. Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <https://bit.ly/3m8aufJ>. Acesso em: 14 dez. 2019.
- ARBEX, Gabriela. **Dia Mundial do Veganismo: mercado tem bons motivos para comemorar.** Portal Forbes Daily, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/37c2Zhg>. Acesso em: 3 jan. 2020.
- BERNARDES, Gustavo Dantas. **A filosofia vegan introduzida na moda.** 2016. 140 f. TCC (Graduação) — Curso Superior de Tecnologia em Design de Moda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3660Z-bl>. Acesso em: 15 dez. 2019.
- BRÜGGER, Paula. Nós e os outros animais: especismo, veganismo e educação ambiental. *Linhas Críticas*, Brasília, v. 15, n. 29, p. 197–214, dez. 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2V4sv2p>. Acesso em: 14 dez. 2019.
- CARREIRO, Juliana. Mercado brasileiro se rende aos 5 milhões de clientes veganos e oferece opções para este público. 2018. **Portal Estadão.** Disponível em: <https://bit.ly/2JfrdPn>. Acesso em: 3 jan. 2020.
- DUNLAP, Riley E. et al. *New Trends in Measuring*

*Environmental Attitudes: Measuring Endorsement of the New Ecological Paradigm*. **Journal of Social Issues**, [s.l.], v. 56, n. 3, p. 425–442, jan. 2000. Wiley. Disponível em: <https://bit.ly/3l6l5X9>. Acesso em: 3 jan. 2020.

FELIPE, Sônia Teresinha. A perspectiva ecoanimalista feminista antiespecista. In: STEVENS, Cristina; OLIVEIRA, Susane Rodrigues de; ZANELLO, Valeska (org.). **Estudos feministas e de gênero: articulações e perspectivas**. Florianópolis: Ed. Mulheres, 2014. p. 52-73. Disponível em: <https://bit.ly/3m2aayW>. Acesso em: 25 nov. 2020.

FELIPE, Sônia Teresinha. Dos Direitos morais aos Direitos Constitucionais: para além do especismo elitista e eletivo. **Revista Brasileira de Direito Animal**, [s.l.], v. 2, n. 2, p. 169-185, jan.-jun. 2007. Disponível em: <https://bit.ly/36LRONB>. Acesso em: 5 dez. 2020.

FIGUEIRA, Maria Bárbara de Andrade. **A construção social da beleza e a mulher vegana**. 2019. 73 f. Dissertação (Mestrado) — Curso de Programa de Pós-Graduação em Sociologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/33k707d>. Acesso em: 25 nov. 2020.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Doris; FELIPE, Sônia Terezinha. Uma ética ambiental: a partir da natureza como um movimento vital. **Interthesis**: Revista Internacional Interdisciplinar, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 213-230, jan./jun. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2JcqfnB>. Acesso em: 25 nov. 2020.

GUARIENTI, Gabriela Rorato et al. Sustentabilidade no design de calçados: análise da comunicação de boas práticas. In: VAN DER LINDEN, Júlio Carlos de Souza; BRUSCATO, Underléa Miotto; BERNARDES, Maurício Moreira e Silva. **Design em Pesquisa**. Porto Alegre: Marcavisual, 2018. Cap. 6. p. 117–138. Disponível em: <https://bit.ly/2UYJ7c2>. Acesso em: 16 dez. 2019.

INSTITUTO AKATU (São Paulo). 2018. **Panorama do consumo consciente no Brasil**: desafios, barreiras e motivações. Disponível em: <https://bit.ly/3m7G8df>. Acesso em: 20 ago. 2019.

KING 55. **Tênis vinho vegano 188**. Disponível em: <https://bit.ly/3q3h0qa>. Acesso em: 25 nov. 2020.

MARTINS, Ana Caroline Siqueira; FERREIRA, Gabriela Xavier. Moda e vestuário vegan: atuação de empresas e demandas de consumidores. In: CONTEXMOD - CONGRESSO CIENTÍFICO TÊXTIL E MODA, 5., 2017, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Centro Universitário Fei — Campus São Paulo, 2017. p. 1–9. Disponível em: <https://>

[bit.ly/3nViZel](https://bit.ly/3nViZel). Acesso em: 14 dez. 2019.

MATHARU, Gurmit. **O que é design de moda?** Porto Alegre: Bookman, 2011. Tradução de Mariana Bandarra. MATHIEU, Sasha; DORARD, Géraldine. *Végétarisme, végétalisme, véganisme: aspects motivationnels et psychologiques associés à l'alimentation sélective*. La Presse Médicale, [s.l.], v. 45, n. 9, p. 726-733, set. 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3qzUVjh>. Acesso em: 6 dez. 2020.

MERCADO LIVRE. **Camiseta Friends Not Food**. Disponível em: <https://bit.ly/3nZytxU>. Acesso em: 25 nov. 2020.

MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to cradle**: criar e reciclar ilimitadamente. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

PASSOS, Sabrina. **Joias naturais de Maria Oiticica**. Disponível em: <https://bit.ly/3l3qwGf>. Acesso em: 25 nov. 2020.

PENNINGTON, Louise. **PETA's I'd Rather Go Naked Than Wear Fur**. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3fuiX3Q>. Acesso em: 24 nov. 2020.

PINHEIRO, Cristiano Max Pereira; STEINHAUS, Camila; CHERUTTI, Milena. Um estudo sobre terminologias de sustentabilidade na moda. *lara: Revista de Moda, Cultura e Arte*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 15-28, dez. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3gkjhV4>. Acesso em: 6 dez. 2020.

PROVIN, Ana Paula. **Marcas veganas brasileiras**: uma leitura sobre moda ética na atualidade. 2018. 61 f. TCC (Graduação) — Curso de Tecnologia em Design de Moda, Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/33z1n0r>. Acesso em: 15 dez. 2019.

SCHINAIDER, Anelise Daniela; SILVA, Leonardo Xavier da. Consumidor vegano: uma análise de variáveis que definem seu perfil e suas motivações. In: SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO, 6., 2018, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, 2018. p. 1–10. Disponível em: <https://bit.ly/2J2lSeS>. Acesso em: 14 dez. 2019.

SCHULTE, Neide Köhler. **Reflexões sobre Moda Ética**: contribuições do biocentrismo e do veganismo. Lourdes Maria Puls (Org.). Florianópolis: Editora Udesc, 2015. (Série Teses de Moda).

SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA. **Mercado vegano: amplie seu público alvo**. São Paulo: Sociedade Vegetariana Brasileira, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/33kQbEu>. Acesso em: 3 jan. 2020.

SOUZA, Robson Fernando de. **Veganismo**: as muitas

razões para uma vida mais ética. 2. ed. Recife: Edição do Autor, 2018.

TONI, Deonir de; LARENTIS, Fabiano; MATTIA, Adilene. Um estudo sobre a configuração da imagem do conceito de consumo consciente. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 113–128, dez. 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3nXxWfY>. Acesso em: 14 dez. 2019.

TSURU ALFAIATARIA. **Camisa Orquídea Caramelo**. Disponível em: <https://bit.ly/2V0F3lb>. Acesso em: 25 nov. 2020.

VEGANO SHOES. **Bota Naturale Floral Verde**. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/39MAFoX>. Acesso em: 6 dez. 2020.

VITA, Gibran et al. *The Environmental Impact of Green Consumption and Sufficiency Lifestyles Scenarios in Europe: connecting local sustainability visions to global consequences*. **Ecological Economics**, [s.l.], v. 164, p. 1-16, out. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3orJrg2>. Acesso em: 6 dez. 2020.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5298-4756>

**VALDECIR BABINSKI JÚNIOR** | Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, Curso Superior de Tecnologia em Design de Moda, Jaraguá do Sul, SC | Correspondência para: Rua Arthur Gunther, n. 225, apartamento 205, bloco 2 - bairro Amizade, Jaraguá do Sul - SC, 89255-570 | e-mail: [vj.babinski@gmail.com](mailto:vj.babinski@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4735-2359>

**MARIANA MOREIRA CARVALHO** | Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa), Florianópolis, SC | Correspondência para: Av. Madre Benvenuta, n. 1907 - Bairro Itacorubi, Florianópolis - SC, 88035-901 | e-mail: [marimoreirac9@gmail.com](mailto:marimoreirac9@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1708-1487>

**MARIANA LUÍSA SCHAEFFER BRILHANTE** | Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa), Florianópolis, SC | Correspondência para: Av. Madre Benvenuta, n. 1907 - Bairro Itacorubi, Florianópolis - SC, 88035-901 | e-mail: [marsbxx@gmail.com](mailto:marsbxx@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0602-0198>

**DULCE MARIA HOLANDA MACIEL, Dra.** | Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa), Florianópolis, SC | Correspondência para: Av. Madre Benvenuta, n. 1907 - Bairro Itacorubi, Florianópolis - SC, 88035-901 | e-mail: [dulceholanda@gmail.com](mailto:dulceholanda@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5690-5819>

**NEIDE KÖHLER SCHULTE, Dra.** | Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa), Florianópolis, SC | Correspondência para: Av. Madre Benvenuta, n. 1907 - Bairro Itacorubi, Florianópolis - SC, 88035-901 | e-mail: [neideschulte@gmail.com](mailto:neideschulte@gmail.com)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

BABINSKI JUNIOR, Valdecir; CARVALHO, Mariana Moreira; BRILHANTE, Mariana Luísa Schaeffer; MACIEL, Dulce Maria Holanda; SCHULTE, Neide Köhler. Veganismo E Consumo Consciente: Reflexões Sobre O Setor De Vestuário Brasileiro. **MIX Sustentável**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 127-140, ago. 2021. ISSN 24473073. Disponível em: <http://www.nexus.ufsc.br/index.php/>

mixsustentavel>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n3.127-140>.

**DATA DE ENVIO:** 28/02/2021

**DATA DE ACEITE:** 10/05/2021

---

# MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO EM OBRAS PÚBLICAS POR MEIO DO PROCESSO BIM

*CONSTRUCTION WASTE MINIMIZATION IN PUBLIC BUILDINGS THROUGH BIM PROCESS*

VERONICA MARTINS GNECCO | UFSC

LETICIA MATTANA, M.Sc. | UFSC

MICHELE FOSSATI, Dra. | UFSC

## RESUMO

Inovações tecnológicas têm sido incorporadas ao setor da construção civil. A adoção do BIM, por exemplo, mostra-se como alternativa para otimização dos processos de projeto e execução de obras. Neste trabalho, investigou-se a contribuição do processo BIM para a redução da ocorrência de resíduos da construção civil em obras públicas. Para isso, adotou-se para estudo o projeto padrão em BIM do Centro de Referência para Assistência Social, com execução em Biguaçu/SC. Foram analisados critérios para minimização de resíduos da construção por meio de BIM: (1) detecção de conflitos, interferências e colisões, (2) sequência construtiva e planejamento da construção, (3) redução do retrabalho, (4) sincronização do projeto e do layout do canteiro, (5) detecção de erros e omissões e (6) previsão das quantidades de material. Os critérios foram analisados de forma qualitativa, com registros fotográficos e diário de obra, e de forma quantitativa, com medições da área de alvenaria de vedação in loco no modelo BIM. Os resultados mostram que é necessário melhorar a detecção de interferências, erros e omissões na fase de projeto, bem como o planejamento do canteiro e da execução. Foi elaborada uma proposta para aprimoramento dos processos da instituição pública para a minimização de resíduos utilizando BIM.

**PALAVRAS CHAVE:** Assistência Social. Execução de Obras. Fiscalização de Obras.

## ABSTRACT

*Technological innovations have been incorporated into the civil construction sector. An example is the BIM's adoption, which has been growing as an alternative for optimizing the design and execution processes. We sought to investigate what contribution BIM process brings to the construction waste minimization in public buildings. For this purpose, the building of the Reference Center for Social Assistance (CRAS), in Biguaçu/SC was adopted to study, whose design process was performed through BIM modeling. Some criteria for construction waste minimization through BIM were analyzed: (1) conflict, interference and collision detection, (2) construction sequence and construction planning, (3) reducing rework, (4) synchronizing design and site layout, (5) detection of errors and omissions and (6) precise quantity take-off. It was developed a qualitative research, with photographic records and work diaries, and in a quantitative research, with measurements of the area of sealing masonry on site and on the BIM model. The results show it is necessary to improve the process of detecting interferences, errors and omissions in the project phase, as well the planning and execution of the construction site. A proposal was developed to improve the processes of this public institution to construction waste minimization using BIM.*

**KEY WORDS:** Social Assistance. Project Execution. Construction Supervision.



## 1. INTRODUÇÃO

A busca por transformar o planeta em um local ambientalmente equilibrado reflete na criação de ações globais, como a Agenda 21 (BRASIL, 1992) e a Agenda 2030 (BRASIL, 2015). Esses instrumentos auxiliam para o planejamento e construção de uma sociedade sustentável, pelo consumo e produção responsáveis, aliados ao crescimento econômico e inovação.

Nos últimos 50 anos, os problemas relacionados às mudanças climáticas ganham atenção e mobilizam a sociedade. Alguns autores definem a sustentabilidade como a união de diferentes dimensões em busca de equilíbrio, sendo as principais a ambiental, sociocultural e econômica (BRUNDTLAND, 1987, SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003).

Uma das indústrias que mais gera impactos ao meio ambiente é a construção civil. Esse setor causa variados problemas em decorrência de sua atividade fim, tais como: uso de recursos naturais, descarte incorreto, emissões de CO<sub>2</sub>, mão de obra artesanal, evolução lenta e resistência às mudanças, indústria pouco mecanizada, dentre outros (TZORTZOPOULOS, 1999; PINTO, 1999).

Mesmo havendo a demanda por atividades ambientalmente equilibradas, muitas empresas deste setor ainda não praticam ações visando o desenvolvimento sustentável. Ge et al. (2017) aprofundam na problemática afirmando que a indústria da construção é responsável por 50% do total de resíduos sólidos gerados no mundo.

A construção civil, essencial para o crescimento econômico, para a geração de empregos e para a produção de infraestruturas, muitas vezes é vista como atrasada tecnologicamente. Entretanto, o Building Information Modeling (BIM) apresenta-se como uma alternativa para, dentre outras possibilidades, a quantificação dos resíduos e prevenção da sua geração ao longo do ciclo de vida de uma edificação, desde as etapas iniciais de projeto. O modelo BIM representa física e funcionalmente as características da construção de forma virtual, possibilitando o planejamento do armazenamento de materiais do canteiro de obras, das etapas de construção, checagem e validação por meio da compatibilização prévia das disciplinas e a quantificação dos insumos para orçamentação ou planejamento da execução (WON; CHENG, 2017). Apesar disso, o nível de implementação ainda não está difundido no setor da construção civil (KAMARUZZAMAN et al., 2016).

Poucas bibliografias são encontradas tratando das questões ambientais e gestão de resíduos com uso de BIM no setor da construção civil no Brasil. Alguns trabalhos nacionais retratam que as insuficiências na gestão pública e as fragilidades institucionais e gerenciais perduram

até os dias de hoje, exigindo políticas efetivas de gestão de resíduos (SCHNEIDER; PHILIPPI JR, 2004; FERNANDES; SILVA FILHO, 2017). O presente trabalho, como forma de contribuir para o desenvolvimento sustentável, visa o estudo de estratégias para a minimização dos resíduos da construção em obras públicas no Brasil com o uso do BIM. Investigou-se na literatura os principais trabalhos relacionados ao tema e adotou-se como caso de estudo o projeto e execução do Centro de Referência para Assistência Social (CRAS), do município de Biguaçu/SC, que foi replicado em outros 18 municípios até o final do ano de 2019.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os resíduos são definidos por Lima (2001) como materiais heterogêneos que provêm de atividades humanas ou da natureza, classificados como inertes pela NBR 10.004 (ABNT, 2004). Nesta categoria estão os resíduos da construção civil, gerados de construções, reformas, reparos e demolições de obras (BRASIL, 2010).

Algumas das causas para a geração do resíduo são o clima, a falta de gestão adequada do material, a baixa qualidade do armazenamento, o baixo controle de qualidade dos processos da obra, trabalhadores inexperientes, mudanças de projeto e perdas no transporte. Ainda, relacionam-se a esses fatores, projetos inadequados e de difícil compreensão pelos responsáveis pela execução (AHANKOOB et al., 2012).

Para que não ocorra a contaminação ou mistura de elementos, possibilitando sua posterior reciclagem, é necessária a classificação dos resíduos na sua origem, tornando o processo mais rápido e barato (MARTINS, 2012). Depois, os resíduos devem ser condicionados e transportados de maneira adequada, evitando contaminação do solo ou obstrução do canteiro de obras. Na destinação final dos resíduos, a alternativa mais viável é a reciclagem (PINTO, 1999). Algumas Leis e Normas Brasileiras dispõem sobre o manejo de resíduos sólidos (ABNT, 2004a; BRASIL, 1988, 2002, 2010). Portanto, é essencial que haja o gerenciamento dos resíduos da construção civil, fundamentado nas estratégias de (1) não geração, (2) minimização, (3) reutilização, (4) reciclagem e (5) descarte adequado (NAGALLI, 2014).

Os arquitetos, engenheiros e demais profissionais da construção possuem papel imprescindível para a redução de resíduos da construção e suas decisões pautam o gerenciamento no canteiro de obras e a previsão de falhas na fase de projeto. Ito, Gonçalves e Carvalho (2015) conduziram um questionário com mais de 100 profissionais, que apontou o desconhecimento generalizado sobre o seu papel na geração de resíduos e como estes podem ser minimizados já na

fase de projeto. O estudo apontou também a necessidade de uma metodologia cíclica que auxilie os profissionais na minimização dos resíduos da construção e demolição.

### 2.1. Building Information Modelling (BIM)

O conceito de BIM foi introduzido por Eastman (1975), com o "Building Description System". Hoje, para Eastman et al. (2014), BIM, pela precisão do modelo digital de projeto, é uma das inovações tecnológicas mais prósperas para a indústria da construção civil. Building Information Modeling (BIM) é um processo que integra e gerencia a informação da construção, envolvendo desde as fases iniciais de projeto, até o planejamento, construção e operação do empreendimento (ANDRADE; RUSCHEL, 2009; GE et al., 2017). O processo BIM parte de uma interface colaborativa, que se apresenta em diferentes dimensões de informação (BAKCHAN; FAUST; LEITE, 2019).

Projetos desenvolvidos sem o uso do BIM geralmente apresentam limitações para o intercâmbio de ideias, bem como a existência de erros, omissões, atrasos de definições e modificações de projeto, ocasionando desperdícios de recursos, tempo, mão de obra e investimento (EASTMAN et al., 2014).

Novas legislações têm surgido para regulamentar o uso de BIM. Em âmbito nacional, o Decreto nº 9.983 do Governo Federal substituiu o Decreto nº 9.377, visando a disseminação do BIM no país, com alguns objetivos como a coordenação do uso do BIM no setor público, o estímulo da capacitação em BIM, o estabelecimento de parâmetros para compras e contratações públicas com o uso do BIM, o desenvolvimento da plataforma e da biblioteca nacional de BIM e o incentivo do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM (BRASIL, 2019). Ainda, foi aprovado em 02 de abril de 2020 o Decreto 10.306, assegurando a implementação gradual do BIM nos projetos e nas obras e serviços públicos de arquitetura e engenharia (BRASIL, 2020).

Brito, Ferreira e Costa (2021) direcionaram uma pesquisa sobre exigências contratuais que influenciam na adoção de projetos BIM nas instituições públicas brasileiras. A partir da aplicação de questionários com responsáveis da implementação BIM em instituições públicas, averiguou-se a necessidade da elaboração de um "BIM mandate", também conhecido como Plano de Execução BIM, que resume as políticas de implementação do BIM pela entidade. O procedimento deixaria mais claro quais são as exigências da Contratante para a Contratada, os responsáveis por cada etapa do processo de projeto e obras, e evitaria a inclusão de empresas não capacitadas à realização dos serviços.

### 2.2. Uso do BIM na Gestão de Resíduos da Construção Civil

Para entender o cenário do tema no Brasil e a nível internacional, foram realizadas buscas exploratórias nas bases científicas Scopus e ScienceDirect. Foram buscadas no início de 2021 palavras-chave "BIM" e "waste management" na busca entre títulos, resumos e palavras-chave, para publicações em revistas na língua inglesa. Obtiveram-se retorno de 34 resultados da primeira base e 14 da segunda, os quais foram filtrados por coerência com o tema estudado. Após filtragem e exclusão de arquivos repetidos, dos artigos buscados na fase inicial, apenas 17 estavam alinhados com os objetivos deste trabalho. Os principais trabalhos internacionais encontrados nestas buscas são apresentados no Quadro 1.

Pesquisas Internacionais			
Autor(es)	Título do trabalho	Ano	Publicação
Bakchan, A.; Faust, K. M.; Leite, F.	Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: Integration with project and site planning	2019	Resources, Conservation and Recycling
Akinade, O.O.; Oyedel, L.O.	Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS)	2019	Journal of Cleaner Production
Guerra, B. C.; Bakchan, A.; Leite, F.; Faust, K. M.	BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams	2019	Waste Management
Akinade, O.O.; Oyedele, L.O.; Ajayi, S.O.; Bilal, M.; Alaka, H. A.; Owolabi, H.A.; Arawomo, O. O.	Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment	2018	Journal of Cleaner Production
Ge, X. J.; Livesey, P.; Wang, J.; He, X.; Zhang, C.	Deconstruction waste management through 3d reconstruction and bim: a case study	2017	Visualization in Engineering
Lu, W.; Webster, C.; Chena, K.; Zhang, X.; Chen, X.	Computational Building Information Modelling for construction waste management: Moving from rhetoric to reality	2017	Renewable and Sustainable Energy Reviews
Won, Jongsung; Cheng, J. C. P	Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization	2017	Automation in Construction
Khaddaj, M.; Srour, I.	Using BIM to Retrofit Existing Buildings	2016	Procedia Engineering

Cheng, J. C. P.; Ma, Lauren Y. H	A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning	2013	Waste Management
Ahankoob, A.; Khoshnava, M.; Rostani, R.; Preece, Christopher N.	BIM Perspective On Waste Reduction	2012	Management In Construction Research Association

**Quadro 1** - Trabalhos internacionais alinhados com o tema BIM na minimização de resíduos da construção  
**Fonte:** as autoras

Ahankoob et al. (2012) fazem uma síntese do auxílio que o BIM pode oferecer para a gestão de resíduos da construção. O planejamento por meio do BIM, por exemplo pode ser realizado com previsão efetiva de pedido e chegada de materiais para o trabalho no canteiro com a menor perda de recursos. A busca por interferências em modelos BIM, por meio de inúmeros *softwares* específicos disponíveis no mercado, adianta as simulações de resoluções para a fase de projeto, não apenas na fase de execução.

O BIM também pode contribuir para estimar a quantidade de resíduos que será produzido por determinado empreendimento (GUERRA et al., 2019; Lu et al., 2017; CHENG; MA, 2013). Os autores empregaram BIM para estimar a quantidade de resíduo gerado em obras por meio da ferramenta Autodesk Revit, quantificando o volume de material caso ocorresse a demolição da construção.

Akinade e Oyedel (2019) desenvolveram uma ferramenta computacional baseada em BIM para construir análises e relatórios de resíduos nas cadeias de suprimentos de construção. Outros autores estudaram ferramentas voltadas para a demolição, onde desenvolvem um sistema de gerenciamento de resíduos de desconstrução (GE et al., 2017). Bakchan, Faust e Leite (2019) propuseram uma estrutura para gestão efetiva dos resíduos no canteiro, com especificação de um cronograma para a geração de resíduos, estimativa de custos com resíduos e organização no canteiro para reuso e disposição de materiais. Os resultados demonstraram diferença de 5,3% entre o estimado e o real desperdício de resíduos, além de propiciar economia de 35.000 dólares por reuso de materiais.

Akinade et al. (2018) propõem um estudo que avalia as expectativas dos investidores sobre o BIM e como poderia ser empregado para o gerenciamento de resíduos da construção e demolição. Khaddaj e Srour (2016) descrevem, através da revisão de literatura, quais áreas da engenharia têm maior abordagem do BIM e da sustentabilidade, sendo coordenação de projeto no primeiro trabalho e energia e minimização de resíduos no segundo.

Atualmente, a literatura científica envolvendo resíduos da construção utilizando BIM é limitada, porém apresenta certo crescimento (LU et al., 2017). Percebe-se uma boa amostra de pesquisas recentes no tema, com data posterior ao ano de 2015.

Para investigar o estado da arte deste tema no Brasil, foram realizadas buscas exploratórias em bases de dados científicas que possuem publicações nacionais indexadas, tais como SCIELO (*Scientific Electronic Library Online*), considerando apenas pesquisas publicadas em congressos ou revistas. As estratégias de buscas usadas são "BIM" e "resíduos", além das mesmas utilizadas na busca anterior com filtro de seleção para língua portuguesa. Foram selecionadas quatro pesquisas científicas alinhadas com o objetivo desta pesquisa (Quadro 2).

Pesquisas do Brasil			
Autor(es)	Título do trabalho	Ano	Publicação
Oliveira, F. A.; Maués, L. M. F.; Rosa, C. C. N.; Santos, D. G.; Seixas; R. M.	Previsão da geração de resíduos na construção civil por meio da modelagem BIM	2020	Ambiente Construído
Miara, R.; Scheer, S.	Gerenciamento de resíduos da construção com BIM para uma economia circular: uma estrutura conceitual	2019	SBTIC
Santos; M.; Ferreira, E. A. M.; Almeida.	Uso do BIM para suporte ao processo de gestão de resíduos em obras de edificações	2017	SBTIC+ SIBRAGEC
Carvalho, H.; Scheer, S.	A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição	2015	7º Encontro Brasileiro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção

**Quadro 2** - Trabalhos nacionais alinhados com o tema BIM na minimização de resíduos da construção  
**Fonte:** as autoras

O BIM tem uso potencial em todas as fases da edificação, inclusive no planejamento da produção do canteiro, onde, unido a softwares de planejamento, auxilia na elaboração do Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil. Assim, são otimizados o fluxo de trabalho e a utilização do material, da mão de obra e do espaço existente no canteiro, com a utilização do BIM em todas as etapas de trabalho (CARVALHO; SCHEER, 2015; SANTOS et al., 2017; MIARA; SCHEER, 2019; OLIVEIRA et al., 2020).

Novas buscas foram realizadas, incluindo o termo "obra pública" ou "public building". Encontrou-se um trabalho onde foi elaborada uma metodologia para reduzir os

desperdícios de vergalhões de aço durante o processo de projeto, usando modelos BIM e incluindo diretrizes para sua implementação (PORWAL, 2013). Com base no estado da arte das pesquisas descritas, percebe-se a falta de estudos sobre este tema aplicado em canteiros de obras públicas no Brasil.

### 3. MÉTODO

Este trabalho está fundamentado no estudo de caso do projeto padrão do CRAS do Estado de Santa Catarina e ocorreu através da realização de levantamento de dados quali-quantitativos baseados no trabalho proposto por Ahankoob et al. (2012). A pesquisa foi realizada no âmbito da extensão universitária, através de um projeto vinculado ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.

Os dados qualitativos são oriundos das observações realizadas em visitas ao canteiro de obras, visando investigar as soluções básicas do uso de BIM para redução dos resíduos, segundo os parâmetros propostos por Ahankoob et al. (2012). Esses parâmetros referem-se à: (1) detecção de conflitos, interferências e colisões, (2) sequência construtiva e planejamento da construção, (3) redução do retrabalho, (4) sincronização do projeto e do layout do canteiro, (5) detecção de erros e omissões e (6) previsão das quantidades de material.

Os dados quantitativos referem-se à medição do serviço de alvenaria de vedação em canteiro de obra e também no modelo BIM. O serviço de alvenaria de vedação geralmente tem perdas elevadas, devido ao alto índice de quebras, à execução de rasgos nas alvenarias para instalações, por projetos incompletos ou sem informações, dentre outros (FORMOSO et al., 1996). O fluxograma da Figura 1 sintetiza o método desta pesquisa.

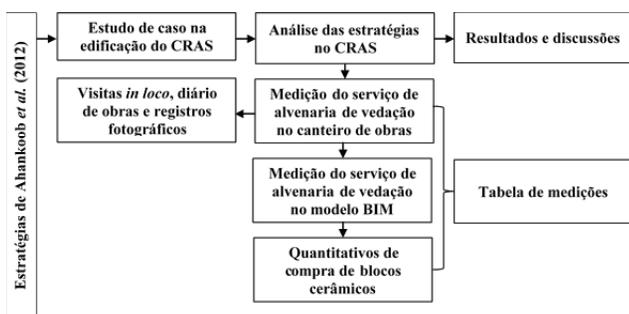


Figura 01 - Método  
Fonte: as autoras

As edificações do Centro de Referência para Assistência Social (CRAS) são edificações públicas, térreas, de aproximadamente 177m<sup>2</sup>, projetadas para apoio e assistência social em todos os municípios do Estado de Santa Catarina.

Para o CRAS de Biguaçu, os projetos foram modelados em BIM (Figura 2) sob a coordenação do Laboratório BIM do Governo do Estado (LaBIM), responsável pela modelagem do projeto arquitetônico da edificação na ferramenta Graphisoft ArchiCAD. O processo envolveu a participação de uma empresa local via cooperação técnica, com o desenvolvimento dos modelos BIM das disciplinas complementares (hidrossanitário, elétrico, preventivo contra incêndio, gás e estrutural), em ferramentas BIM como o AltoQi Eberick e o QiBuilder. Todos os modelos contêm informações gráficas e não gráficas, com nível de maturidade intermediário, visando a colaboração entre a equipe envolvida pelo compartilhamento de informações integradas, uso do OpenBIM e Industry Foundation Classes (IFC), geração de memoriais descritivos e detalhes técnicos para a execução da obra.

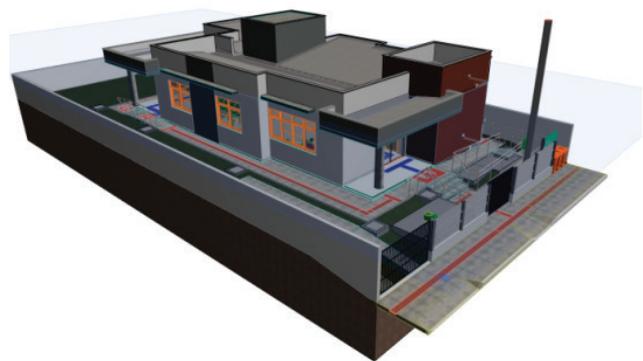


Figura 02 - Modelo BIM do CRAS: vista 3D  
Fonte: Santa Catarina (2017)

A licitação do CRAS de Biguaçu/SC possui algumas exigências em relação a elaboração do as built pela empresa executora da obra, que deveria ser em BIM e entregue em formato nativo (SANTA CATARINA, 2017). A Contratante disponibilizou o modelo BIM para a empresa contratada, em formatos IFC e nativo, com suas diversas disciplinas. A Contratante realizou ainda um curso de capacitação básica para a Contratada nos softwares Tekla BIM Sight, Graphisoft Archicad e Graphisoft Vectorworks. Nesta licitação, a Contratada foi responsável por mais 18 obras semelhantes, ou seja, o objeto analisado refere-se a um projeto padrão e sua otimização traria benefícios para vários canteiros de obra em diferentes municípios do estado. Em Santa Catarina, foi relatado, pelo último levantamento disponível, que já existiam 365 edificações do CRAS, semelhantes a estudada (SDS, 2016).

A coleta de dados no canteiro foi realizada durante seis visitas à obra, que aconteceram no período de construção do empreendimento de abril a setembro de 2018. Optou-se

pela análise e medição do serviço de alvenaria, pois essa era a etapa de obra na primeira visita ao canteiro de obras, além de se tratar de um serviço comum na construção civil brasileira e com alta taxa de desperdícios (SILVA, 2017).

As visitas ao canteiro de obras tiveram como objetivos (1) acompanhar a obra e o processo utilizado, com registro fotográfico e diário de obras; (2) verificar o uso do BIM na execução do projeto e para a minimização dos resíduos no canteiro; (3) realizar a medição das paredes de alvenaria e aberturas com auxílio de trena manual, para subsequente estimativa do desperdício em obra; (4) averiguar o armazenamento, desperdício e descarte de materiais.

A equipe de execução foi alterada três vezes, sempre formada por um mestre de obras e um ajudante, com acompanhamento esporádico do engenheiro responsável pela execução. A execução era realizada de maneira artesanal e convencional, sem apoio do modelo BIM para a equipe de obra durante a execução. Ainda, os projetos eram utilizados em papel pelo mestre de obras e o engenheiro de obras.

As paredes do CRAS foram modeladas em alvenaria de vedação com blocos cerâmicos de 18cm, exceto nos banheiros acessíveis, onde foram adotados blocos com 14cm e, nas paredes com shafts, onde foram utilizados blocos de 8cm. Os revestimentos de parede contemplam chapisco, reboco e pintura.

Para o levantamento de informações quantitativas no modelo BIM, utilizou-se o software Graphisoft Archicad, pela ferramenta de medição (Figura 3), para o posterior comparativo com o levantado em campo. Não foi feito qualquer tipo de alteração no projeto original.

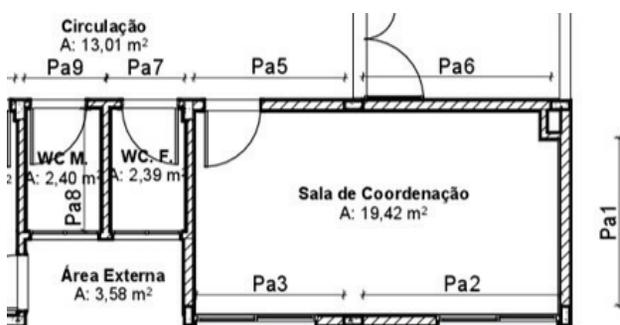


Figura 03 – Medições de área no modelo BIM  
Fonte: Adaptado de Santa Catarina (2017).

Após a realização das medições nas visitas em campo e através do modelo BIM, foi elaborada a tabela de medições para os cálculos de área, a fim de quantificar a área de alvenaria executada em obra e aquela gerada pelo modelo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Detecção de conflitos, interferências e colisões

Para este primeiro parâmetro, apesar de ter sido realizada a compatibilização entre as disciplinas por meio do BIM na etapa de projeto, foram identificadas no canteiro de obras situações em que ainda ocorriam interferências e colisões entre os sistemas projetados. Por exemplo, elementos estruturais (lajes e vigas) precisaram ser furados para a passagem de tubos de instalação pluvial e ar condicionado. Além disso, foi averiguado que não havia previsão de furação da laje para passagem da tubulação do sistema de hidrossanitário (Figuras 4 e 5), fator que teve que ser resolvido em obra, o que pode causar deficiências estruturais no projeto e prejudicar seu desempenho.

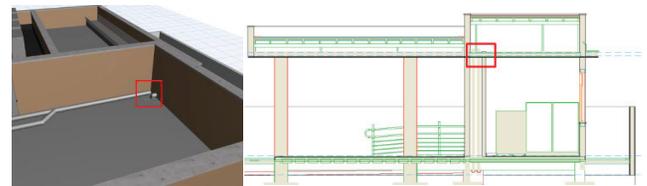


Figura 04 – Interferências entre as disciplinas em software BIM  
Fonte: Adaptado de Santa Catarina (2017).

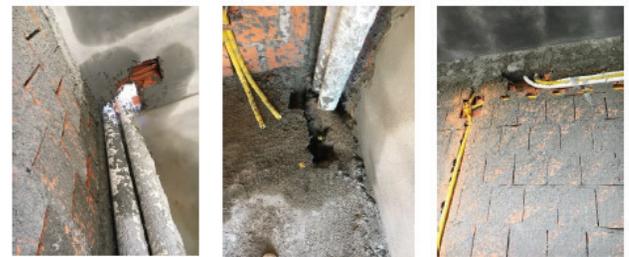


Figura 05 – Interferências entre as disciplinas em canteiro de obras: (a) e (b) furo na laje e (c) furo na viga para tubulações  
Fonte: as autoras (2018)

Em relação à execução do serviço de alvenaria, segundo o projeto, três diferentes tipos de blocos cerâmicos deveriam ser utilizados: com espessura de 18 cm para paredes de vedação, 14 cm para paredes de vedação dos banheiros acessíveis e 8 cm para os shafts. Entretanto, na obra, foram empregados os mesmos blocos cerâmicos de 18 cm para toda a execução, refletindo em interferências, como por exemplo, a redução de área construída do banheiro acessível.

### 4.2. Sequência construtiva e planejamento da construção

Quanto à sequência construtiva e planejamento da construção, destaca-se que não houve a elaboração de um planejamento da obra por parte da equipe executora,

refletindo em atraso de um mês na entrega da obra. Além disso, a execução foi interrompida duas vezes devido à troca da equipe executora, sinalizando alta rotatividade da mão de obra. Esse é um dos grandes problemas da construção civil e que interfere na produtividade, racionalização da obra, geração de desperdícios e gastos extras demonstrado por Mutti (1995) 26 anos atrás, mas ainda relatado por Thomas (2015).

#### 4.3. Redução do retrabalho

O parâmetro da redução do retrabalho está interligado com a quebra na sequência construtiva e a falta de planejamento. Com a rotatividade das equipes executoras, o processo de execução passou por discontinuidades que refletiram em retrabalhos. Problemas de projeto eram corrigidos apenas no canteiro de obras e geravam atrasos nos prazos de entrega, além de possivelmente maior custo pelo desperdício. Outro ponto, foi que o projeto utilizado em obra e disponibilizado para os executores era bidimensional, o que não favorecia a interpretação de todas as nuances que o modelo BIM proporciona.

#### 4.4. Sincronização do projeto e do layout do canteiro

Em relação a este critério, havia pouco cuidado na separação e descarte de materiais no canteiro, constatando-se baixo planejamento e organização prévia do espaço da obra. Alguns resíduos foram organizados no canteiro de obras para correto descarte, principalmente aqueles com possibilidade de contaminação como os sacos de cimento. Porém, sem projeto ou modelagem para planejamento do layout do canteiro. Os blocos cerâmicos eram recebidos em obra através de pallets e ficavam expostos às intempéries até serem levados para o uso, dentro da edificação. Foram registrados desperdícios de materiais nas visitas realizadas in loco, em função da falta de local específico para armazenamento e descarte (Figura 6).



**Figura 06** – Armazenamento/organização dos blocos cerâmicos e resíduos do canteiro de obras  
**Fonte:** as autoras (2018)

#### 4.5. Detecção de erros e omissões

Para este parâmetro, durante a etapa de projeto foram efetuados alguns ajustes no modelo para evitar erros ou omissões e também devido à revisão das Normas NBR 6.118 de Concreto Armado (ABNT, 2014) e da NBR 9050 de acessibilidade (ABNT, 2021). A inconsistência mais notável do processo estudado foi a adaptação do projeto padrão em relação ao terreno a ser construído e causou problemas na locação da obra, que refletiu em erros nas dimensões do espaço para o acesso e estacionamento de veículos da edificação, pois sem essa informação, a decisão de locação de projeto teve que ser tomada no canteiro de obras.

#### 4.6. Previsão da quantidade de material

Com a estimativa mais precisa dos materiais a serem comprados com base no modelo em questão pode-se evitar uma compra superestimada e o consequente desperdício de material. Nessa obra, o engenheiro executor usou sua própria experiência para quantificar os materiais que foram comprados e não utilizou as informações oriundas do modelo BIM. Com isso, a compra foi efetuada sem considerar as especificações do modelo, resultando no uso de somente um tipo de bloco cerâmico na obra, diferente do especificado no modelo BIM. As áreas medidas diferem percentualmente em 6,40%, ou aproximadamente 21 m<sup>2</sup>, segundo as medições. A diferença constatada pode ter ocorrido pelas alturas das paredes de alvenaria até a viga, pelo encunhamento com medida variável, o que não foi previsto no modelo BIM. Os vãos das aberturas também podem ter influenciado, pois foram executados com medidas variáveis em relação ao modelo BIM.

Em relação à quantidade de blocos cerâmicos comprados, segundo o engenheiro responsável pela obra, foi solicitada uma carga e meia de blocos. Cada carga contém 6.400 unidades de bloco, totalizando 9.600 blocos comprados. Segundo medição em obra, a cada 1m<sup>2</sup>, têm-se 25 blocos assentados, sendo necessários 8.130 unidades. A diferença entre comprado e utilizado foi de 1.470 blocos cerâmicos. Os dados quantitativos retirados do modelo não foram utilizados pela equipe executora Contratada, mesmo tendo sido repassados pela Contratante e o modelo BIM tendo se mostrado preciso para a quantificação da área de alvenaria em obra.

#### 4.7. Redução de resíduos nos processos de projetos públicos

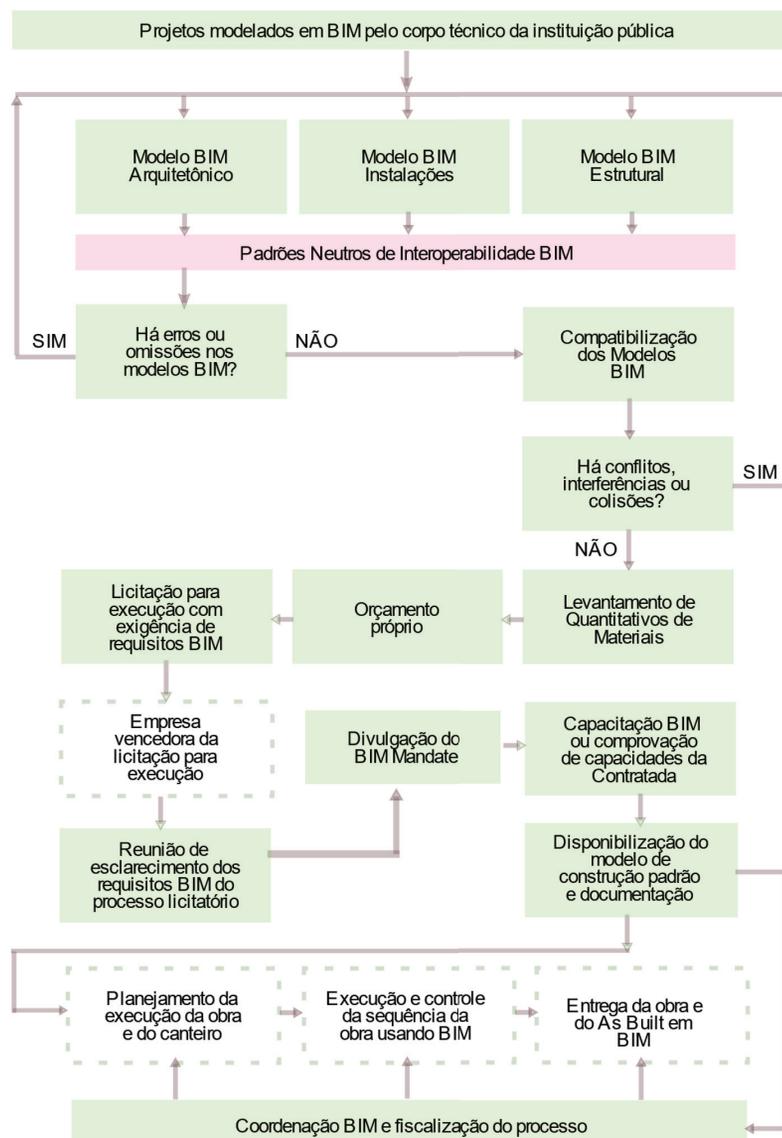
A identificação de conflitos, interferências e colisões, a detecção de erros e omissões de projeto e o planejamento e controle de obras precisam de definições mais claras no

processo de projeto e nas licitações, para evitar problemas no canteiro de obras. O coordenador de projeto e da fiscalização de obra ganha destaque, assim como o correto uso dos relatórios dos conflitos.

Ainda existem interferências construtivas decorrentes de interpretações de projeto ou de falhas nas próprias etapas projetuais. A integração dos modelos BIM dentro do canteiro de obras facilita a fiscalização da execução, a visualização do projeto pelos colaboradores e a organização do layout do canteiro de obras em sincronia com o projeto, evitando conflitos e/ou retrabalhos.

Destaca-se que, para haver a contribuição na minimização dos resíduos segundo a metodologia proposta, o modelo BIM deve dispor de: (1) informações geométricas

da edificação, tais como paredes, pisos e coberturas; (2) modelagem de sistemas complementares como elétrico, hidrossanitário e estrutural, para conferência de interferências e consequente projeto de execução em sua função; (3) espaço disponível para organização do canteiro de obras, que também pode ser realizado em modelagem paramétrica; e (4) as propriedades dos sistemas modelados devem estar especificadas, como por exemplo, os tipos de blocos cerâmicos, para que assim se possa fazer a correta quantificação de material e, consequentemente, de resíduos gerados e das causas para tais ocorrências. Na Figura 7 foi proposta uma estruturação para a melhoria dos procedimentos internos da instituição pública, com foco na redução da ocorrência de resíduos em obras públicas, com o suporte do BIM.



**Figura 07** – Aprimoramento de processos internos do setor público para redução da ocorrência de resíduos usando BIM  
**Fonte:** as autoras

O desenvolvimento dos modelos BIM das diferentes disciplinas deve ocorrer dentro dos padrões neutros de interoperabilidade BIM, para que sejam utilizados nas diferentes fases do ciclo de vida da edificação e nas variadas ferramentas BIM disponíveis. Para cada modelo finalizado, sugere-se a realização de uma revisão para identificar possíveis erros e/ou omissões e, na ausência destes, deve-se prosseguir com a compatibilização dos modelos BIM. O coordenador de projetos BIM possui papel relevante nesta fase. Caso sejam necessários ajustes devido a constatação de interferências entre os modelos, as equipes responsáveis devem ser submetidas a reuniões para tomada de decisões, incentivando sempre a comunicação e a colaboração dos envolvidos no processo. Depois da compatibilização, devem ser levantados os quantitativos e realizada a orçamentação prévia com base nos modelos, para que seja realizada a licitação da execução da obra.

A empresa vencedora da licitação passa, junto à Contratante, por cursos de capacitação em BIM ou, dependendo do contrato, serão exigidas da Contratada as competências necessárias para realização do trabalho, por meio de certificações e atestados. A reunião de alinhamento aborda temas como orçamento e quantitativos de materiais, o planejamento da execução e da organização do canteiro de obras, a execução em si e, a entrega do as built em padrão neutro de interoperabilidade BIM. A Contratante deve entregar à Contratada o Plano de Execução BIM, onde estarão os mecanismos para acompanhamento da qualidade do modelo BIM para o projeto e para o seu uso na fase de execução. Um relatório final de contribuições e desafios encontrados é elaborado e repassado à Contratante, para que nas próximas licitações, o processo seja melhorado.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão de uma obra pública depende de diversos procedimentos, dentre eles as fases de projeto, licitação, contratos, execução e fiscalização da obra. A gestão eficaz do recurso público neste processo, por meio da administração eficiente, do controle de irregularidades e dos desperdícios, sejam eles de materiais, tempo ou recursos financeiros, são passos fundamentais para o sucesso do empreendimento.

Neste trabalho foram investigados critérios que podem contribuir para a gestão dos recursos públicos por meio da minimização da geração de resíduos em obras públicas, com o suporte do BIM. Percebe-se que os procedimentos do Governo do Estado ainda precisam de ajustes para efetivar o uso de BIM para esta finalidade. O BIM tem uma grande contribuição para a previsão de

quantidades de materiais, sendo necessário ainda que os demais critérios elencados sejam inseridos no processo de projeto e execução das obras públicas.

Foi constatado que na obra analisada as áreas medidas em projeto e em obra diferiram aproximadamente 6,40%, representando cerca de 21m<sup>2</sup>, provavelmente devido a detalhes de execução, como do encunhamento. O resultado mostra que o modelo BIM pode prever de maneira precisa a área de alvenaria e auxiliar no levantamento de quantitativos. Apesar disso, a quantidade de blocos comprados pelo engenheiro responsável foi de aproximadamente 1.470 unidades além do necessário.

Com ajustes no processo de trabalho, nos contratos e com a capacitação dos recursos humanos, a adoção de BIM pode ser potencializada para melhores resultados na redução da ocorrência de resíduos em obras públicas. Com isso, obtém-se obras mais eficientes e adaptadas à realidade do canteiro, além de menos custosas ambiental e financeiramente. Essa revisão nos processos permitirá uma futura elaboração do Plano de Execução BIM. Para isso, sugere-se inicialmente redesenhar os processos internos da instituição. Conforme proposto pelo Decreto nº 9.983, a disseminação de BIM no setor público deve ocorrer de maneira coordenada e colaborativa.

Além dos critérios estudados neste trabalho, o setor público precisará definir referências para as contratações de projetos e execução das obras, como "BIM mandates", a fim de obter os produtos com a qualidade desejada, o que implica em ter atenção quanto às licitações do tipo menor preço, por exemplo, para efetivar o uso da modelagem da informação da construção por todo o ciclo de vida dos edifícios. A adoção de BIM na etapa projetual parece estar mais difundida que seu uso no canteiro de obras brasileiro ou sua adoção nos contratos e licitações. É necessário trabalhar melhor os processos de modelagem, colaboração e integração envolvidos no processo BIM e suas relações ao longo de todas as fases do projeto.

Este trabalho demonstra que o BIM pode ser usado para minimização da ocorrência de resíduos nos canteiros de obras do CRAS, e apresenta uma contribuição inicial para promover essa articulação por meio da sugestão de novos procedimentos de trabalho para as obras públicas.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações,**

**mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Rio de Janeiro, 2021.

AHANKOOB, A.; KHOSHNAVA, M.; ROSTANI, R., PREECE, CHRISTOPHER N. **BIM perspective on waste reduction.** In: Management In Construction Research Association (MICRA), 2012, Kuala Lumpur. Proceedings.... Malaysia: UTM RAZAK School of Engineering & Advanced Technology, 2012. p. 195 - 199.

AKINADE, O. O.; OYDELE, L. O.; AJAYI, S. O.; BILAL, M.; ALAKA, H. A.; OWLABI, H. A.; ORAWOMO, O. O. Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment. **Journal Of Cleaner Production**, v. 180, p.375-385, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.022>.

AKINADE, O. O.; OYEDELE, L. O. Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS). **Journal Of Cleaner Production**, v. 229, p.863-873, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.232>.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 76-111, 2009.

BAKCHAN, A.; FAUST, K. M.; LEITE, F. Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: Integration with project and site planning. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 146, n. April, p. 462-474, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.020>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – Agenda 21 Global. 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>> Acesso em 14/07/2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre gestão de Resíduos da Construção Civil. Brasília, 2002

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988, 292 p.

BRASIL. Lei no 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010.

BRASIL. Agenda 2030. 2015. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/>> Acesso em 14/07/2019

BRASIL. Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Institui a estratégia nacional de disseminação do

*Building Information Modeling.*

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 02 de abril de 2020. Estabelece a utilização do *Building Information Modelling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal.

BRITO, D. M.; FERREIRA, E. A. M.; COSTA, D. B. An Investigation of Contractual Requirements for BIM Adoption in the Brazilian Public Sector. **Lecture Notes In Civil Engineering**, p. 395-408, 14 jul. 2020.

BRUNDTLAND, G. H. **Nosso futuro comum:** comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CARVALHO, H. J. S. de; SCHEER, S. A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição. **Anais do VII encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção - edificações, infra-estrutura e cidade:** Do BIM ao CIM, nov. 2015. Editora Edgard Blücher. <http://dx.doi.org/10.5151/engpro-tic2015-022>.

CHENG, J. C. P.; MA, L. Y. H. A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. **Waste Management**, v. 33, n. 6, p. 1539-1551, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.001>

EASTMAN C., **The use of computers instead of drawings in building design**, Journals of the American Institute of Architects, v. 63, p.46-50, 1975.

EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** 1ª Edição. Porto Alegre: Bookman. 2014 483 p.

FERNANDES, M. P. M.; SILVA FILHO, L. C. P. da. Um modelo orientativo para a gestão municipal dos RCCs. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p.21-38, jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200144>.

FORMOSO, C. T.; SOIBELMAN, L.; CESARE, C. de; ISATTO, E. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor.** Núcleo orientado para a inovação da edificação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1996.

GE, X. J.; LIVESEY, P.; WANG, J.; HUANG, S.; HE, X.; ZHANG, C. Deconstruction waste management through 3D reconstruction and BIM: a case study. **Visualization in Engineering**, v. 5, n. 1, 2017.

GUERRA, B. C.; BAKCHAN, A.; LEITE, F.; FAUST, K. M.

- BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams. **Waste Management**, v. 87, p. 825–832, 2019.
- ITO, A. P. N.; GONÇALVES, P. H.; CARVALHO, D. C. G. de. A avaliação da perspectiva dos arquitetos na redução de resíduos na etapa de projeto arquitetônico. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 6, n. 1, p. 16–25, 2015.
- KAMARUZZAMAN, S. N.; SALLEH, H., LOU, E. C. W., EDWARDS, R. e WONG, P. F.. Assessment schemes for sustainability design through BIM: Lessons Learnt. 2016. **MATEC Web Conf.**, 66-00080. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600080>
- KHADDAJ, M.; SROUR, I.. **Using BIM to retrofit existing buildings**. *Procedia Engineering*, v. 145, p.1526-1533, 2016. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.192>.
- LIBRELOTTO, L. I. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): Aplicação no setor de edificações**. 2005. 371 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Campina Grande-PB: ABES. 2001.
- LU, W.; WEBSTER, C.; CHEN, K.; ZHANG, X.; CHEN, X. Computational Building Information Modelling for construction waste management: Moving from rhetoric to reality. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, n. October 2016, p. 587–595, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.029>
- MARTINS, F. G. **Gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil em obras de grande porte: estudos de caso**. 2012. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012.
- MIARA, R. D.; SCHEER, S. Gerenciamento de resíduos da construção com BIM para uma economia circular: uma estrutura conceitual. In: ANTAC, 2., 2019, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Unicamp, 2019.
- MUTTI, C. **Treinamento de mão de obra na construção civil: Um estudo de caso**. 1995 (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 178 p.
- OLIVEIRA, F. de A.; MAUÉS, L. M. F.; ROSA, C. C. N.; SANTOS, D. de G.; SEIXAS, R. de M. Previsão da geração de resíduos na construção civil por meio da modelagem BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 157-176, out./dez. 2020
- PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189p. (Tese de Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.
- PORWAL, A. **Construction waste management at source: a Building Information Modeling based system dynamic approach**. 2013 (Tese de Doutorado), Okanagan College, University of British Columbia.
- SANTA CATARINA. **Edital de Concorrência nº 42 de 03 de outubro de 2017**. Florianópolis, 2017.
- SANTOS, M.; FERREIRA, E. A. M.; ALMEIDA, L. Uso do BIM para suporte ao processo de gestão de resíduos em obras de edificações.. In: SBTIC, 1., 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Ufc, 2017.
- SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI JR, A. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p.21-32, out. 2004.
- SDS. Relação de CRAS em SC. 2016. Disponível em: <http://www.sds.sc.gov.br/index.php/assistencia-social2/gerencia-de-monitoramento-de-avaliacao-do-suas-gemav/rede-socioassistencial/cras>. Acesso em: 7 fev. 2020.
- SILVA, V.G.; SILVA, M.G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 3, p. 718, jul/set 2003.
- THOMAS, J.. Study on causes and effects of employee turnover in construction industry. **International Journal Of Science And Research**, v. 4, n. 5, p.3041-3044, maio 2015.
- TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. Porto Alegre, 1999. Dissertação (Curso de pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- WON, J.; CHENG, J. C. P. Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization. **Automation in Construction**, v. 79, p. 3–18, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.02.002>

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5473-5075>

**VERONICA MARTINS GNECCO** | Universidade Federal de Santa Catarina | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 88040-900 | email: [veronicamg-necco@gmail.com](mailto:veronicamg-necco@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0767-4270>

**LETICIA MATTANA, M.Sc.** | Universidade Federal de Santa Catarina | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 88040-900 | email: [leticia.mattana@ufsc.br](mailto:leticia.mattana@ufsc.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6989-5381>

**MICHELE FOSSATI, Dra.** | Universidade Federal de Santa Catarina | Engenharia Civil | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 88040-900 | email: [michele.fossati@ufsc.br](mailto:michele.fossati@ufsc.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

GNECCO, Veronica Martins; MATTANA, Leticia; FOSSATI, Michele. Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 141-152, ago. 2021.** 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.MIX2021.v7.n3.141-152>.

**DATA DE ENVIO:** 30/03/2021

**DATA DE ACEITE:** 09/06/2021

# BIOFABRICAÇÃO: CULTIVO DE CELULOSE BACTERIANA PARA A ÁREA DE MODA

*BIOFABRICATION: BACTERIAL CELLULOSE CULTIVATION FOR FASHION APPLICATION*

**BRUNA LUMMERTZ LIMA, Dra. | IFSC**

**ANDRESSA SCHNEIDER ALVES, Dra. | IFSC**

**GEANNINE CRISTTINA FERREIRA MARTINS, M.Sc. | IFSC**

## RESUMO:

A biotecnologia oferece oportunidades estimulantes em termos de alternativas mais sustentáveis para produtos de moda. Uma das abordagens mais promissoras é a fabricação de materiais têxteis a partir de organismos vivos, como fungos e bactérias. Este artigo apresenta uma análise de cinco pesquisas que tratam da produção de tecidos de celulose bacteriana (CB): Biocouture (LEE, 2011), Self-grown Fashion (NG; WANG, 2016), Bio-hacking Fashion (KAWASAKI; MIZZUNO, 2017), Tailor-shaped cultivation (CHAN; SHIN; IANG, 2018) e ZOA (MODERN MEADOWS, 2020). Para selecionar essas pesquisas, foram estudados 28 trabalhos que abordam a produção de celulose bacteriana, localizados predominantemente nas bases de dados Science Direct e na editora Taylor & Francis. Consideraram-se para a escolha: a relevância das pesquisas, o direcionamento para a área de moda e os resultados obtidos nos experimentos. Como resultado, apresenta-se uma tabela comparativa das variáveis do processo de produção de materiais de celulose bacteriana. Acredita-se que essas informações podem contribuir para o desenvolvimento de novos trabalhos, uma vez que a maioria das pesquisas não apresenta os dados de todas as variáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomateriais. Celulose bacteriana. Tecidos. Material têxtil. Moda.

## ABSTRACT:

*Biotechnology offers exciting opportunities as more sustainable alternatives to fashion products. One of the most promising approaches is the manufacture of textile materials from living organisms, such as fungi and bacteria. This article presents an analysis of five researches dealing with the production of bacterial cellulose (BC) fabrics: Biocouture (LEE, 2011), Self-grown Fashion (NG; WANG, 2016), Bio-hacking Fashion (KAWASAKI; MIZZUNO, 2017), Tailor-shaped cultivation (CHAN; SHIN; JIANG, 2018), ZOA (MODERN MEADOWS, 2020). To choose these researches, 28 studies were reviewed that deal with the production of bacterial cellulose, obtained predominantly in the Science Direct databases and in the Taylor & Francis publisher. For the choice, the relevance of the research, the direction to the fashion area and the results obtained in the experiments were considered. As a result, a comparative table of the variables of the production process of bacterial cellulose materials is presented. It is believed that this information can contribute to the development of new studies, since most researches do not present data for all variables.*

**KEYWORDS:** Biomaterials. Bacterial cellulose. Fabric. Textile material. Fashion.



## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a moda alcançou uma importância econômica e social que impactou seu próprio sucesso. Ao mesmo tempo, a possibilidade de compra de produtos por um número cada vez maior de pessoas criou uma das indústrias mais poluentes. Concomitantemente, alcançou-se um estágio em que os consumidores estão cada vez mais conscientes e críticos quanto às repercussões no meio ambiente e aos recursos não renováveis utilizados na indústria têxtil. Anualmente, toda essa cadeia de moda utiliza 98 milhões de toneladas de insumos, que incluem petróleo, fertilizantes e produtos químicos, e 93 bilhões de metros cúbicos de água (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2017).

Com a crescente preocupação com a degradação do meio ambiente e seus efeitos ecológicos e sociais, nos últimos anos, surgiram propostas alternativas de produção de vestuário, com o objetivo de diminuir os impactos ambientais. Um exemplo é a moda circular, que pode ser definida como roupas, sapatos ou acessórios concebidos, produzidos e fornecidos com a intenção de serem usados e circularem de forma responsável e eficaz na sociedade durante o maior tempo possível (BRISMAR, 2017). Dentro desse contexto, também há exemplos pontuais, como tricô 3D, modelagens *zero waste*, tecidos de fibras recicladas e os tecidos obtidos por meio da biofabricação.

Entre as diferentes definições para o termo *biofabricação*, Lee et al. (2020) acreditam que a mais útil para a área de moda seja a fabricação de materiais por meio de organismos vivos.

Os tecidos provenientes da biofabricação já são uma realidade comercial, produzidos por empresas como a Bolt Threads, Faber Futures, MycoTEX, Modern Meadows e a brasileira Biotecam. No entanto, os produtos fabricados por essas empresas têm preço elevado, são destinados para um nicho específico do mercado de moda e permanecem inacessíveis para a maioria dos consumidores. Por outro lado, comprovam as reais possibilidades de, nos próximos anos, serem usados como materiais têxteis sustentáveis.

Dentro do espectro da biofabricação, abordam-se neste trabalho, especificamente, os tecidos de celulose bacteriana (tratados ao longo deste artigo por CB). A celulose produzida por bactérias é descrita como uma possibilidade em potencial para atender a nichos de mercado na fabricação de vestuário formados por pessoas mais preocupadas com o desenvolvimento sustentável. Como matéria-prima, apresenta um aspecto semelhante ao couro e pode ser empregada na produção de roupas e acessórios (JONES, 2020).

A CB pode ser definida como um carboidrato produzido a partir de microrganismos (KUMBHAR; RAJWADE; PAKNIKAR, 2015). Em relação à estrutura química, a CB difere da celulose vegetal apenas por conter fibras de polímero de tamanho nanométrico. A celulose vegetal pode ser obtida de uma multiplicidade de plantas para fabricação de têxteis; entre os exemplos mais conhecidos, estão o algodão e o linho (UDALE, 2009). Para o cultivo de CB, é necessária uma cepa bacteriana, dentre as diversas já identificadas para esse fim: a *Gluconacetobacter xylinus*, também citada em alguns artigos pelo nome de *Acetobacter xylinum*, e posteriormente denominada de *Komagataeibacter xylinus*, sendo conhecida por sua capacidade de produzir CB em escala comercial (PARTE et al., 2020).

Entre as principais características da CB, destacam-se: pureza química, rede tridimensional fibrosa em nanoescala, alto índice de cristalinidade, biocompatibilidade (GULLO et al., 2018), renovabilidade, biodegradabilidade, potencial para redução de energia e do consumo de água e abolição do uso de produtos químicos ao longo de todo o ciclo de vida.

O processo produtivo de CB, de maneira geral, é simples, porém, alterações nas variáveis podem modificar consideravelmente as características do produto final. A produção do material ocorre por meio de um processo de fermentação em um meio de cultivo (com a presença de uma bactéria e uma determinada fonte de carbono). Com a fermentação em um meio líquido, conhecido como HSM (*Herstrin Schramm Media*), o material cresce até o tamanho do recipiente em que é cultivado. Durante o processo de fermentação, gradualmente, forma-se uma camada flutuante e gelatinosa, que é uma película do material. Essa película deve ser retirada do recipiente e colocada em outra superfície para a etapa de secagem, última fase da produção. As variáveis do processo incluem: a bactéria, o meio de cultivo, a fonte de carbono, os dias de permanência na solução, os dias para secagem, o pH da solução, o controle da temperatura, a temperatura para secagem, a espessura antes da secagem e o modo de cultivo (estático ou submerso).

Neste artigo, apresentam-se cinco pesquisas que abordam a produção de tecidos de CB desenvolvidos para serem utilizados como matéria-prima de produtos de vestuário. Os artigos foram obtidos predominantemente nas bases de dados Science Direct e na editora Taylor & Francis. Além das palavras-chave para a busca citadas neste trabalho, utilizaram-se os termos *biofabricação* e *biotecidos*. Também foram pesquisados alguns artigos citados nos estudos mais atuais. Após a revisão

bibliográfica, foram selecionados para leitura 28 trabalhos que tratavam da produção de CB. Destes, chegou-se aos cinco que são analisados neste artigo, a partir dos critérios de refinamento: relevância da pesquisa, direcionamento para a área de moda e resultados obtidos nos experimentos. Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar estudos sobre o cultivo de CB que têm contribuído para o desenvolvimento de tecidos provenientes da biofabricação com aplicação em moda.

Ao longo do artigo, prioriza-se evidenciar as principais características, diferenças e resultados entre as pesquisas selecionadas. Para isso, também foi feita uma análise e um comparativo das diferentes variáveis e de como elas foram tratadas em cada um dos estudos. Dessa forma, pretende-se contribuir para essa área interdisciplinar, em ampla ascensão, que abrange a moda, o design e a biologia. Considerando as cinco pesquisas em foco, inicia-se com o trabalho de Lee (2011), pioneiro na utilização da CB na produção de roupas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Biocouture

A Biocouture é uma consultoria de design criada por Suzanne Lee para acelerar o desenvolvimento e a adoção de novos materiais biológicos no mercado de moda. Lee iniciou seu trabalho com CB durante uma pesquisa na Escola de Arte Central Saint Martins, em Londres. Em parceria com o biólogo escocês David Hepworth, Lee começou um experimento de moda, utilizando as CB usadas para fermentar a bebida *kombucha*. As bactérias, adicionadas a uma mistura de chá verde e açúcar, alimentam-se dos açúcares naturais do *kombucha* e produzem uma substância semelhante a um filme, que se forma na superfície. Após três semanas, o material resultante é pesado e composto por 90% de água. O processo de crescimento é interrompido com a lavagem da folha de celulose em uma solução de água e sabão. Para drenar a água, o material é disposto em placas de madeira para secar. Depois de seco, o resultado é um produto de textura fina como papel transparente ou como a casca fina e flexível de um vegetal (LEE, 2011; GRUSHKIN, 2015). Da celulose microbiana resultante desse experimento, Lee criou uma coleção de jaquetas: uma jaqueta *bomber*, uma jaqueta jeans e uma jaqueta *biker*. Para dar um aspecto diferente do da cor da pele humana, Lee fez tingimentos com índigo, além de criar estampas e tingir com outras substâncias naturais (LEE, 2011).

Suzanne Lee realizou o experimento na cozinha de sua residência com os seguintes materiais e quantidades: 200 mililitros de vinagre de cidra orgânico; 200 gramas de açúcar

crystal; 1 cultura de *kombucha* viva (SCOBY) e dois saquinhos de chá verde (GRUSHKIN, 2015). Com relação ao modo de preparo, o procedimento é feito na seguinte ordem:

**Preparação do líquido:** fervem-se dois litros de água, e deixa-se o chá em infusão por 15 minutos. Retiram-se os saquinhos de chá, e acrescenta-se o açúcar, mexendo até dissolver.

**Preparação da cultura:** em um recipiente, despeja-se o líquido, que deve estar mais frio do que 30°C. Adicionam-se o vinagre de cidra e a cultura de *kombucha* (SCOBY), que é uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras (DIMA et al., 2017). Posteriormente, cobre-se o recipiente com um pano.

**Descanso e crescimento:** enquanto cresce, a mistura deve ser mantida em temperatura ambiente. Primeiro, a cultura vai afundar. A fermentação inicia quando bolhas e uma camada transparente começam a formar-se na superfície. Com o tempo, a cultura sobe à superfície e acumula-se, ficando mais espessa. Quando a película atinge dois centímetros de espessura (cerca de três a quatro semanas), é retirada do recipiente e lavada delicadamente com água fria e sabão.

**Secagem do material:** coloca-se a folha plana sobre uma superfície de madeira. Quando não estiver mais molhada, pode-se cortar e costurar como qualquer outro tecido.

Segundo a autora, essa receita produzirá uma amostra de couro microbiano de até 17 x 15 centímetros e terá o formato do recipiente em que for colocada. Para a produção de uma folha maior ou menor, é necessário ajustar as proporções dos ingredientes da cultura de acordo com a necessidade (GRUSHKIN, 2015).

É interessante pontuar que, no Brasil, Costa e Biz (2017) replicaram essa receita, acrescentando cenoura e açúcar mascavo. Nesse experimento, os autores puderam comprovar que a utilização da cenoura tornava a mistura mais suscetível a contaminações por fungos. Já o açúcar mascavo ocasiona um tempo de formação maior, e a cultura acaba ficando mais escura. Porém, quando seco, o material tem considerável maleabilidade, permitindo a dobra.

### 2.2 Self-grown Fashion

Self-grown Fashion é uma pesquisa realizada por Ng e Wang (2016). As autoras dividem-na em duas etapas: pré-material e pós-material. No estágio pré-material, foram testados diferentes meios de cultura: vinho tinto, cerveja, leite, chá preto, chá verde e água de coco. Meios de cultura distintos são estudados por diversos autores (GUZEL; AKPINAR, 2020; KUMBHAR; RAJWADE; PAKNIKAR, 2015; LIN et al., 2014). Parte et al. (2020) apontam o benefício econômico do emprego de frutas não adequadas para o consumo e de subprodutos da indústria do vinho, tanto para produtores de CB, quanto para agricultores.

As amostras produzidas pelos diferentes meios de cultura foram classificadas por Ng e Wang (2016) em termos de suavidade, rigidez, flexibilidade, resistência à tração, tempo de crescimento, viscosidade e estabilidade. Com base nesses critérios, a película de CB produzida com chá verde foi identificada como a mais adequada para uso como material têxtil. Seis amostras de CB produzidas com chá verde, mas com diferentes concentrações e tempos de cultivo, foram avaliadas para se chegar ao melhor resultado possível, considerando-se os fatores de maleabilidade, flexibilidade e respirabilidade. As autoras obtiveram um material semelhante ao couro, liso, translúcido e flexível. As definições das variáveis usadas para a produção desse material são apresentadas na Tabela 1.

Na fase pós-material, Ng e Wang (2016) testaram diferentes técnicas, com o objetivo de manipular a textura e a aparência do material e conseguir criar a estrutura tridimensional de uma roupa. Entre os diferentes experimentos, destacam-se: desenvolvimento de uma superfície bidimensional de CB, cortada e costurada; película de CB, ainda úmida, colocada sobre um manequim tridimensional para secar, sendo que, após a secagem, a película manteve a forma do manequim; processo semelhante ao anterior, com a diferença de a película úmida ter sido colocada granulada; cultivo da película e inserção de um manequim tridimensional na superfície da cultura, tendo a CB crescido após rotação do manequim, criando um filme envoltório semelhante a uma roupa, mas sem costura. As autoras também experimentaram alterações para modificar a textura da CB: inserção de malha na solução de cultivo; adição de fios com texturas e cores diferentes; e imersão de fios de lã perpendiculares à solução de cultivo. Em todos os experimentos realizados, as pesquisadoras obtiveram diferentes materiais que podem ser empregados na confecção de roupas.

Ng e Wang (2016) apontam, no final da pesquisa, que o desenvolvimento da CB tem o potencial de reduzir alguns dos custos envolvidos nas etapas para produção de vestuário: fiação, tecelagem, modelagem, corte e costura.

### 2.3 Bio-hacking Fashion

Os autores Kawasaki e Mizuno (2017) realizaram três experimentos para o desenvolvimento de materiais a partir da CB. O primeiro foi baseado no cultivo do material; o segundo, em tecnologia de fabricação digital; e o terceiro buscou estudar um método para tingimento com pigmentos vivos, utilizando a *Janthinobacterium lividum*.

Para o desenvolvimento de materiais, no primeiro experimento, os autores criaram um meio de incubação que consistia em uma caixa de plástico, cujas dimensões eram

800 mm X 600 mm X 200 mm. O meio utilizado para cultivo da CB era uma mistura de vinagre orgânico, açúcar e chá verde, em quantidades não descritas no artigo.

A incubação foi realizada durante 14 dias, em ambiente residencial, na cidade de Tóquio, com monitoramento de temperatura e umidade por meio de termômetro infravermelho. Após 12 dias de experimento, a espessura do material atingiu 25mm, o que configurou um aumento de medida. Depois disso, o material foi retirado do tanque, lavado e secado.

Para o segundo experimento, os autores estudaram o uso do material para construir roupas tridimensionais, com o intuito de minimizar o desperdício de tecido, buscando aprimorar o processo de corte. Nesse experimento, os autores basearam-se na ideia de que o SCOBY se adapta à superfície em que é colocado. Os autores colocaram o SCOBY sobre um manequim projetado por meio de fabricação digital e impresso em uma impressora 3D que pode gerar objetos em escala humana e modelar biomateriais. O processo detalhado é apresentado a seguir:

Construção de manga base, seguida de colocação de gesso para o desenvolvimento tridimensional do molde do mesmo material. Digitalização da base e edição de dados para impressão em 3D. Foram preparados tamanhos diferentes, como S, M, L e XL.

Materialização da manga em impressora 3D, especializada em grande escala.

Secagem dos biomateriais sobre a base impressa, moldando a superfície em curva. O material foi colocado inteiro e, posteriormente, amarrado para aderir à forma do manequim com auxílio de fitas adesivas.

Costura do material.

Os autores consideraram que a metodologia do experimento é compatível com a moda sustentável. Os resíduos de tecido podem ser potencialmente zero. Isso porque os moldes também tendem a ter mais lados com formato reto do que formas orgânicas, o que influencia na diminuição do desperdício. A partir dessa análise, esse método sugere uma possível fusão entre modelagem bidimensional e tridimensional para modelar uma peça de roupa. Por outro lado, há dificuldade de projetar sobre um corpo curvado, pois o método não permite uma curva 3D que se ajuste à forma do corpo humano. No entanto, segundo os autores, é possível que designers criem uma forma mais "natural" do que o padrão bidimensional convencional por encaixe, tendo como base um corpo feminino, por exemplo.

O terceiro experimento foi projetado pelos autores para um desenvolvimento alternativo, utilizando um tipo de corante a partir de bactérias para conferir cor aos

materiais têxteis. Para incubação, foi usada a bactéria *Janthinobacterium lividum*, fornecida pela Waag Society. Os autores conduziram os experimentos em um laboratório com ambiente e utensílios esterilizados. A bactéria foi incubada com temperatura controlada a 30°C. Para o experimento, os autores cortaram algodão, cânhamo e seda em quadrados de 80mm. Os resultados do experimento não foram descritos no artigo. As variáveis dos três experimentos são apresentadas de forma detalhada na Tabela 1.

## 2.4 Tailor-shaped cultivation

Chan, Shin e Jiang (2018) apresentam uma técnica de produção de tecidos de CB denominada *tailor-shaped cultivation*. Os autores utilizaram a capacidade da CB de ser cultivada e crescer em qualquer formato para construir uma roupa sem resíduos têxteis e adequada às necessidades de produção de peças do vestuário.

Os autores sugerem dois métodos diferentes: cultivo em forma de molde e bloqueio da superfície de contato. No primeiro, Chan, Shin e Jiang (2018) propõem a utilização de um recipiente de poliestireno com o formato de um molde, como a parte da frente de uma camisa. A lateral do recipiente é escalonada; assim, em um mesmo recipiente, é possível produzir os tamanhos P, M e G, dependendo da altura em que a superfície de CB é criada. Os autores recomendam essa técnica para itens básicos da moda, como camisas, camisetas e calças.

No segundo método – bloqueio da superfície de contato –, usa-se um material flutuante impermeável ou semipermeável ao ar para evitar a troca de oxigênio em uma área específica e criar uma película no formato de um molde. Nas áreas bloqueadas, nenhuma película de CB cresce, já que a colônia de bactérias necessita de uma superfície de cultivo rica em oxigênio. Sobre a importância do oxigênio, Wu e Li (2015) defendem que a absorção de oxigênio para a formação de CB pode ser um fator mais determinante do que os nutrientes do meio de cultivo. Chan, Shin e Jiang (2018) testaram diferentes materiais, e a cortiça apresentou-se como a melhor opção para o bloqueio de oxigênio.

Os autores utilizaram os dois métodos de cultivo de CB para construir uma camisa masculina que demonstrasse a viabilidade da CB como matéria-prima têxtil, com aplicação de entretela, fixação de bolso e bainha. Apesar dos esforços para criar um produto mais sustentável, a camisa foi forrada com tecido de matéria-prima convencional. Os autores acreditam que a CB não causa danos aos seres humanos e ao meio ambiente porque é natural. Apesar de Chan, Shin e Jiang (2018) defenderem a BC sem questionar possíveis impactos futuros, percebem uma série de

limitações na pesquisa: a produção em massa, o cultivo em recipientes específicos e o descarte dos recipientes e da cortiça no fim de seus ciclos de vida.

## 2.5 Zoa

Na seção sobre a Biocouture neste artigo, é descrito o projeto pioneiro de Suzanne Lee. Desde 2014, Suzanne é diretora de criação da Modern Meadow, empresa de biotecnologia que produz materiais para marcas de luxo, dentre os quais, destaca-se o Zoa (CHIEZA et al., 2019).

O Zoa é um material biofabricado similar ao couro. É produzido a partir de proteína de colágeno proveniente de plantas cultivadas em laboratório. O processo começa com a edição do DNA das células de levedura para adicionar duas enzimas que permitem que a levedura produza uma proteína de colágeno semelhante à da pele bovina (colágeno tipo III) (QUA, 2019). Nesse estágio, a tecnologia de fermentação é usada para produzir proteínas sem necessitar do uso de animais e pode ser feita de forma escalonada (CAMERE; KARANA, 2018; QUA, 2019; MODERN MEADOWS, 2020). A proteína de colágeno então é incubada para formar uma rede de fibrilas. Nessa fase de reticulação, as células cultivadas podem ser customizadas por meio do controle e/ou da alteração de diferentes aspectos da receita. Após o período de incubação, o colágeno purificado encontra-se na forma líquida e pode ser estabilizado por conta própria, ou em uma forma e espessura desejadas. O último estágio é semelhante ao curtimento do couro, porém, sem os métodos agressivos ao meio ambiente usados no couro animal. Todo o processo de fabricação do Zoa tem duração de duas semanas (QUA, 2019; MODERN MEADOWS, 2020).

No Zoa, as células cultivadas podem ser customizadas; com isso, conforme for projetada a levedura, elas podem produzir resultados específicos, feitos sob medida. Esse resultado possibilita a criação de materiais semelhantes à pele de diferentes animais em sua composição e estrutura, com maciez, resistência, porosidade, flexibilidade, durabilidade e densidade ajustadas às necessidades específicas de cada produto e/ou cliente (QUA, 2019; MODERN MEADOWS, 2020). O material produzido com essas novas propriedades funcionais desenvolvidas por meio da combinação de proteínas no processo de biofabricação do Zoa foi denominado de Bio-Alloy pela Modern Meadows (2020).

Sobre os aspectos sustentáveis do cultivo da CB, Camere e Karana (2018) consideram que este é potencialmente interessante, uma vez que a celulose de origem animal ou vegetal tem 40-60% de seu conteúdo de celulose, mas também outros elementos, como a lignina, que

são difíceis de processar e consomem grande quantidade de energia na fabricação. Segundo o site da Modern Meadow (2020), o Zoa é um produto biológico e sustentável que integra uma gama de tecnologias de biofabricação, sendo capaz de oferecer desempenho e sustentabilidade de materiais, em comparação com materiais tradicionais, como o couro. Um exemplo é o processo de tingimento. O Zoa é tingido no estado líquido, limitando o uso de corantes à quantidade exata que se ligará ao material, o que elimina qualquer escoamento de corante da fabricação e do acabamento do material (MODERN MEADOWS, 2020).

Qua (2019) destaca que a principal vantagem desse tipo de produto biotecnológico em relação à produção de couro animal é que os substratos podem ser personalizados durante os estágios iniciais do processo. No entanto, ele também aponta que o que diferenciará esses produtos pode ser a eficiência de custo da customização, se esta for uma necessidade real do mercado que outros materiais não podem atender. Collet (2018) observa que, historicamente, as empresas de bioengenharia nunca foram associadas a conceitos de sustentabilidade, mas que agora se vive um paradoxo, pois a maioria das empresas utiliza uma narrativa sustentável ao comercializar seus novos materiais geneticamente programáveis.

### 3. ANÁLISE COMPARATIVA DOS EXPERIMENTOS

A partir dos trabalhos de Chan, Shin e Jiang (2018), Kawasaki e Mizuno (2017), Ng e Wang (2016), Grushkin (2015) e Qua (2019), foram elencadas nove variáveis para realizar a análise comparativa dos experimentos, sendo elas: i) Bactéria; ii) Dias de cultivo/secagem; iii) pH; iv) Temperatura; v) Fonte de carbono; vi) Meio de cultivo; vii) Quantidade do meio de cultivo; viii) Espessura antes da secagem e ix) Modo de cultivo. Após essa primeira determinação, foram procuradas, nas referidas pesquisas, informações sobre as variáveis. A partir da identificação, criou-se a Tabela 1 (apresentada nos anexos), realizando-se, então, a análise textual, como se mostra a seguir. Nas linhas, apresentam-se os cinco autores; nas colunas, as nove variáveis consideradas.

De acordo com o estudo inicial, entendeu-se que a constituição de um biotecido se deve, especialmente, à presença de algum tipo de bactéria. Nas pesquisas apresentadas, foi possível identificar três tipos de bactérias. *Acetobacter xylinum*, presente em dois estudos, é um gênero de bactérias do grupo de ácido acético. Posteriormente, aparecem as bactérias

*Zygosaccharomyces sp*, *Janthinobacterium lividum*, cultura de kombucha e proteína de colágeno, aparecendo cada uma em um estudo, respectivamente.

Com relação aos dias de cultivo (tempo de fermentação), foi identificado em Chan, Shin e Jiang (2018), bem como em Kawasaki e Mizuno (2017), uma média de 14 dias, enquanto que, em Qua (2019), todo o ciclo leva 15 dias, da seleção da levedura até o produto final acabado. Já no estudo de Ng e Wang (2016), o período foi menor: seis dias para o cultivo, e de três a cinco dias para a secagem. Em contraponto, o estudo de Grushkin (2015) revela que o experimento da Biocouture levou entre 21 e 30 dias. Apesar de os estudos citados utilizarem bactérias com características distintas, o estudo 1 de Kawasaki e Mizuno (2017), realizado em um ambiente residencial, apresentou o maior crescimento do biotecido, com 25 mm de espessura.

Outra variável considerada nesta análise diz respeito ao pH, visto que, durante a síntese de CB, ele tem sido um item amplamente estudado. Tido como fundamental, o pH interfere no crescimento das células e também no rendimento do processo. O estudo de Grushkin (2015) foi o único que trouxe essa mensuração, apontando que o biotecido produzido por Suzanne Lee tinha um pH superior a 3, mas sem apresentar precisão para tal medida. Sabe-se que o pH menor que 7 é ácido e considerado ideal para o gênero de *Komagataeibacter*. Por outro lado, o valor do pH diminui gradualmente durante a fermentação e frequentemente cai abaixo do pH ideal para a síntese de CB (PARTE et al., 2020).

Outro dado importante obtido na pesquisa foi sobre a temperatura dos experimentos. Kawasaki e Mizuno (2017), como mencionado, relataram em seu estudo a realização de três experimentos. Em dois deles, a média da temperatura ficou em 28,5°C, muito similar à do estudo de Ng e Wang (2016), que foi de 28°C, e à da pesquisa de Grushkin (2015), com temperatura próxima de 30°C. Tais informações demonstram que o crescimento dos tecidos estudados está relacionado com temperaturas mais altas e constantes, dado que alguns experimentos foram realizados em ambientes controlados de laboratório, a exemplo do experimento 2 de Kawasaki e Mizuno (2017). Os ambientes controlados permitem que o crescimento do biotecido seja mais bem monitorado, mas não invalidam a realização de experimentos sem esse tipo de controle, nem os bons resultados que estes podem gerar, como é caso do experimento 1 apresentado no mesmo artigo.

No que tange à fonte de carbono, importante para o desenvolvimento do elemento biológico, somente dois estudos trouxeram essa informação. No estudo de Chan, Shin

e Jiang (2018), é usada a proporção de uma medida de sacarose para sete de chá, enquanto que Grushkin (2015) aponta a quantidade de 200 gramas de açúcar para 200 ml de vinagre de cidra orgânico. Ao analisarem-se os resultados obtidos nessas duas pesquisas, observam-se duas questões importantes. O primeiro estudo usou mais chá em relação à quantidade de açúcar, mas isolou a superfície de contato e foi realizado em menos tempo. Já o experimento do Biocouture foi o mais longo dos analisados, apresentando mais dias em incubação. No entanto, o modelo de Suzanne Lee incentiva as pessoas a replicarem experimentos desse tipo de forma caseira, sem isolamento de superfície e com os equipamentos que o indivíduo tiver em casa.

Quanto à quantidade necessária dos ingredientes para a solução do meio de cultivo, três estudos apresentaram essa informação. Grushkin (2015) apontou a utilização de dois saquinhos de 200 ml de chá verde, enquanto Chan, Shin e Jiang (2018) trazem a proporção de sete medidas de chá para uma de açúcar. Por outro lado, Ng e Wang (2016) testaram três proporções de chá e água: a) 5 gramas para 1 litro, b) 10 gramas para 1 litro e c) 15 gramas para 1 litro. Vale ressaltar que a última proporção apresentou os melhores resultados, considerando-se o crescimento e a aplicabilidade da matéria-prima na produção de produtos do vestuário.

Como meio de cultivo, quatro trabalhos utilizaram o chá verde e dois usaram o vinagre orgânico e meios diversificados, como vinho tinto, cerveja, leite, chá preto e água de coco. Esse dado demonstra que o cultivo de biotecido segue um procedimento similar ao da bebida fermentada *kombucha*. Nos experimentos realizados por Ng e Wang (2016), é possível identificar um período menor de incubação e a ausência de mensuração dos resultados. Já nos estudos de Ng e Wang (2016), Chan, Shin e Jiang (2018) e Kawasaki e Mizuno (2017), o chá verde é utilizado, e os resultados mensurados mostram o crescimento do material biológico, evidenciando que esse meio de cultivo é eficiente. Nesse sentido, Ng e Wang (2016) apontam o chá verde como o meio mais adequado para uso em materiais têxteis.

No que concerne à espessura antes da secagem, três pesquisas trazem esse dado. Em Chan, Shin e Jiang (2018), o biotecido alcançou 10 mm de espessura, enquanto o experimento 1 de Kawasaki e Mizuno (2017) apresentou 25 mm, e Grushkin (2015) obteve 20mm. É interessante notar que as maiores espessuras mencionadas foram obtidas em experimentos realizados em ambientes residenciais, sem controle de temperatura, contrariando estudos que utilizam estufas, por exemplo.

Por fim, o processo de fermentação das cinco pesquisas abordadas neste trabalho ocorreu de forma estática. Os experimentos apresentados desenvolveram-se de forma individualizada, abrindo margem para questionamentos quanto à replicação desses modelos em escala industrial, o que, no âmbito da moda, seria o caminho natural. Parte et al. (2020) defendem que, diferentemente da fermentação estática, o processo fermentativo submerso, que pode ser realizado em um biorreator, é mais adequado para produção em escala, já que permite um maior controle da temperatura, fazendo com que um determinado microrganismo cresça de forma satisfatória, por exemplo. Além disso, pH e pressão, entre outros fatores, são mais bem monitorados por meio desse processo.

No mesmo estudo, Parte et al. (2020) observam que a cultura estática revela deficiências. Em comparação, a fermentação submersa tem maior produtividade, mas também apresenta alguns problemas, como o desenvolvimento de cepas não produtoras de celulose, produção de grânulos de CB de forma irregular e a modificação das propriedades físicas da CB. Dentre os materiais de CB apresentados, o Zoa é o único biotecido resultante de uma pesquisa desenvolvida por uma empresa e com fins comerciais; acredita-se que, por esse motivo, não foram encontrados detalhes técnicos do processo de fabricação no site da fabricante, nem em artigos científicos. Porém, optou-se por apresentá-lo neste trabalho por estar, de certa maneira, relacionado à pesquisa pioneira de Suzanne Lee e para comprovar o potencial comercial dos tecidos de CB, mesmo para um segmento de mercado específico, constituído por usuários com maior preocupação ambiental.

#### 4. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma análise sobre tecidos provenientes de biofabricação – Biocouture, Self-grown Fashion, Bio-hacking Fashion, Tailor-shaped Cultivation e ZOA –, criados como uma potencial alternativa no desenvolvimento sustentável da moda. Essa interseção da biologia, do design e da moda demonstra o papel de destaque que podem assumir na definição do desenvolvimento de novos materiais.

Lee (2011) fez uma coleção de moda usando tecido biodegradável; Ng e Wang (2016) testaram formas de cultura de tecidos biológicos para melhor aplicação no vestuário; Kawasaki e Mizuno (2017) aliaram o cultivo da CB com tecnologia 3D, a fim de melhorar o processo de corte de tecido; Chan, Shin e Jiang (2018) tentaram construir roupas sem resíduos com tecidos biológicos, utilizando recipientes no formato dos moldes e materiais bloqueadores

durante o processo de fermentação; o Zoa é um produto mercadológico tratado como um substituto do couro animal e indica a possibilidade de customização do produto (imitação de diferentes tipos de peles animais). Dentre os cinco materiais estudados, percebeu-se um propósito em comum: o de dar suporte cada vez maior à criação de matérias-primas ou produtos de moda que tenham um ciclo de vida mais longo, que não sejam poluentes no processo de fabricação ou que gerem pouco ou nenhum desperdício. Um exemplo é o dos três estudos que trabalham com a ideia de fazer produtos que, no processo de fermentação, saiam moldados ao corpo, implicando resíduo zero.

Da análise comparativa dos experimentos, um dos principais destaques é que todos os tecidos apresentados têm características muito semelhantes às do couro animal. Para se chegar a esse resultado, é necessária a celulose bacteriana cultivada em um líquido, como chá verde, suco, vinagre ou outros, combinado a uma fonte de carbono, como frutose ou sacarose, para promover a fermentação. Nos casos estudados, entendeu-se que os ambientes controlados permitiram regular melhor o crescimento da CB, o que não invalida experimentos sem esse tipo de monitoramento, como exemplificado pelos estudos de Lee (2011) e de Kawasaki e Mizuno (2017). Lee, inclusive, incentiva as pessoas a reproduzirem sua experiência de modo caseiro, sem isolamento de superfície e com os equipamentos que o indivíduo tiver à disposição em casa (GRUSHKIN, 2015).

Salienta-se que este artigo apresenta uma quantidade significativa de dados sobre as variáveis necessárias para o cultivo da CB. Tais informações compiladas são difíceis de ser encontradas e servem de referência para estudos futuros e novas descobertas nesse campo.

Observou-se também que quatro dos cinco estudos ocorreram de forma individualizada, o que abre margem para questionamentos quanto à possibilidade de replicação desses modelos em escala industrial. No entanto, o próprio Zoa é um produto comercial, e, na introdução deste artigo, são citados outros exemplos de fabricantes de produtos têxteis desse segmento. Além disso, recentemente, foram lançados produtos biológicos de edição limitada para o mercado da moda de luxo pela Modern Meadow e pela grife Stela McCartney. Contudo, o fator limitante é o alto custo, que ainda torna esses produtos inacessíveis ao consumidor médio (STENTON, 2018).

O motivador dos experimentos e artigos analisados foi a busca por desenvolver produtos têxteis sustentáveis e biodegradáveis. Stenton (2018) chama a atenção também para o fato de a compostabilidade ser um dos atrativos

para a adoção desses materiais na fabricação de produtos de moda. Compreende-se, então, ser esse o ponto central de aproximação entre os tecidos obtidos por meio da biofabricação e a circularidade na moda, visto que assim se torna possível o fechamento do ciclo de vida do produto – algo necessário, tendo em vista os elevados números relacionados ao descarte têxtil.

Para finalizar, como também citado por Ginsberg e Chieza, (2018), entende-se que, embora essas novas tecnologias de fabricação, originárias da biotecnologia, estejam se estabelecendo como uma alternativa promissora para uma produção mais limpa, ainda existem questões a serem levantadas e discutidas no que diz respeito à ética nesses procedimentos, como alterações não previstas e prejudiciais ao ecossistema e a possibilidade de, no futuro, se reproduzirem os mesmos problemas ecológicos e sociais conhecidos atualmente.

## REFERÊNCIAS

- BRISMAR, Anna. **Origin and definition of circular fashion**. Stockholm, 2017. Elaborado para Green Strategy. Disponível em: <https://www.greenstrategy.se/circular-fashion-definition/>. Acesso em: 28 set. 2020.
- CAMERE, Serena; KARANA, Elvin. Fabricating materials from living organisms: an emerging design practice. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 570–584, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618307388?via%3Dihub>. Acesso em: 6 out 2020.
- CHAN, Chun Kit; SHIN, Jooyoung; JIANG, Shou Xiang Kinor. Development of tailor-shaped bacterial cellulose textile cultivation techniques for zero-waste design. **Clothing and Textiles Research Journal**, Nova York, p. 33-44, jan. 2018. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0887302X17737177>. Acesso em: 23 set. 2020.
- CHIEZA, Natsai; GINSBERG, Alexandra Daisy; LEE, Suzanne; AGAPAKIS, Christina; VILUTIS, Justinas. **Design with science**, 01 fev. 2019. Disponível em: <https://jods.mitpress.mit.edu/pub/issue4-agapakis-lee/release/1>. Acesso em: 01 out. 2020.
- COLLET, Carole. Biotextiles: evolving textile design practices for the bioeconomy and the emerging organism industry. In: SOFT Landing. Helsinki, Finlândia: Aalto University School of Arts, Design and Architecture, 2018. p. 87-99. Disponível em: [https://ual-researchonline.arts.ac.uk/id/eprint/12602/1/Chapter\\_carole\\_collet\\_cumulus\\_soft\\_landing\\_2018.pdf](https://ual-researchonline.arts.ac.uk/id/eprint/12602/1/Chapter_carole_collet_cumulus_soft_landing_2018.pdf). Acesso

em: 6 out 2020.

COSTA, Pedro Zöhrer Rodrigues da; BIZ, Pedro. Cultivando materiais: o uso da celulose bacteriana no design de produtos. In: SPGD, 2017, Rio de Janeiro. **Anais**[...] Rio de Janeiro (RJ): PPDESDI, 2018. Disponível em: [https://www.even3.com.br/anais/SPGD\\_2017/61907-CULTIVANDO-MATERIAIS---O-USO-DA-CELULOSE-BACTERIANA-NO-DESIGN-DE-PRODUTOS](https://www.even3.com.br/anais/SPGD_2017/61907-CULTIVANDO-MATERIAIS---O-USO-DA-CELULOSE-BACTERIANA-NO-DESIGN-DE-PRODUTOS). Acesso em: 12 maio 2021.

DIMA, Stefan-Ovidiu; PANAITESCU, Denis-Mihaela; ORBAN, Csongor; GHIUREA, Marius; DONCEA, Sanda-Maria; FIERASCU, Radu; NISTOR, Cristina; ALEXANDRESCU, Elvira; NICOLAE, Cristian-Andi; TRICĂ, Bogdan. Bacterial nanocellulose from side-streams of kombucha beverages production: preparation and physical-chemical properties. **Polymers**, [S.l.], v. 9, n. 12, p. 5-10, 18 ago. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/polym9080374>. Acesso em: 30 ago. 2020. ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **A new textiles economy: redesigning fashion's future**. [S.l.], 2017. Disponível em: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>. Acesso em: 26 set. 2020.

GINSBERG, Alexandra Daisy; CHIEZA, Natsai. Editorial: other biological futures. **Journal Of Design And Science**, [S.l.], 12 set. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21428/566868b5>. Disponível em: <https://jods.mitpress.mit.edu/pub/issue4-ginsberg-chieza/release/5>. Acesso em: 05 ago. 2020.

GRUSHKIN, Daniel. Cultured Couture: Suzanne Lee wants to grow clothing in a lab. **Popular Science**, v. 286, n. 3, p. 48-51, 2015. Disponível em: <https://www.popsci.com/meet-woman-who-wants-growing-clothing-lab/>. Acesso em: 11 out. 2020.

GULLO, M.; LA CHINA, S.; FALCONE, P. M.; GIUDICI, P. Biotechnological production of cellulose by acetic acid bacteria: current state and perspectives. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, n. 16, p. 6885-6898, 2018. Doi: 10.1007/s00253-018-9164-5. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29926141/>. Acesso em: 6 out 2020.

GÜZEL, Melih; AKPĐNAR, Özlem. Preparation and characterization of bacterial cellulose produced from fruit and vegetable peels by *Komagataeibacter hansenii* GA2016. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.l.], v. 162, p. 1597-1604, nov. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.049>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813020341374>. Acesso em: 10 ago. 2020.

JONES, Frances. Roupas feitas por bactérias: biotecidos produzidos a partir de microrganismos despertam o interesse do universo da moda. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 291, maio 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/roupas-feitas-por-bacterias/>. Acesso em: 01 out. 2020.

KAWASAKI, Kazuya; MIZUNO, Daijiro. Bio-hacking Fashion: study on 2.5 dimensional fashion pattern cutting and bacterial dyes. In: BIENNIAL RESEARCH THROUGH DESIGN CONFERENCE, 3., 2017, Edinburgh. **Proceedings** [...] Uk: Fligshare, 2017. p. 308-322. Disponível em: [https://figshare.com/articles/journal\\_contribution/Bio-hacking\\_Fashion\\_A\\_Study\\_on\\_2\\_5\\_Dimensional\\_Fashion\\_Pattern\\_Cutting\\_and\\_Bacterial\\_Dyes/4746991](https://figshare.com/articles/journal_contribution/Bio-hacking_Fashion_A_Study_on_2_5_Dimensional_Fashion_Pattern_Cutting_and_Bacterial_Dyes/4746991). Acesso em: 23 set. 2020. KUMBHAR, Jyoti Vasant; RAJWADE, Jyutika Milind; PAKNIKAR, Kishore Madhukar. Fruit peels support higher yield and superior quality bacterial cellulose production. **Applied Microbiology And Biotechnology**, [S.l.], v. 99, n. 16, p. 6677-6691, 9 maio 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-015-6644-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-015-6644-8>. Acesso em: 08 ago. 2020.

LEE, Suzanne. **Grow your own clothes**. [S.l.]: Ted: Ideas Worth Spreading, 2011. 1 vídeo (6 min.), digital, son., color. Legendado. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/suzanne\\_lee\\_grow\\_your\\_own\\_clothes/transcript](https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_grow_your_own_clothes/transcript). Acesso em: 14 out. 2020.

LEE, Suzanne; CONGDON, Amy; PARKER, Georgia; BORST, Charlotte. **Understanding "bio" material innovations: a primer for the fashion industry**. Amsterdã: Biofabricate/Fashion For Good, 2020. Disponível em: <https://fashionforgood.com/wp-content/uploads/2020/12/Understanding-Bio-Material-Innovations-Report.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

LIN, Dehuin; LOPEZ-SANCHEZ, Patricia; LI, Rui; LI, Zhixi. Production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter hansenii* CGMCC 3917 using only waste beer yeast as nutrient source. *Science Direct: Bioresource Technology*. p. 113-119. 01 jan. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.10.052>. Acesso em: 09 ago. 2020.

MEADOW, Modern. **ZOA: our world of biofabricated materials**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://www.modernmeadow.com/zoa>. Acesso em: 13 out. 2020.

NG, Frankie M.C.; WANG, Phoebe W.. Natural self-grown fashion from bacterial cellulose: a paradigm shift design approach in fashion creation. **The Design Journal**, [S.l.], v. 19, n. 6, p. 837-855, 8 ago. 2016.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/14606925.2016.1208388>. Acesso em: 10 ago. 2020.

PARTE, Francisco German Blanco; SANTOSO, Shella Permatasari; CHOU, Chih-Chan; VERMA, Vivek; WANG, Hsueh-Ting; ISMADJI, Suryadi; CHENG, Kuan-Chen. Current progress on the production, modification, and applications of bacterial cellulose. **Critical Reviews In Biotechnology**, [S.l.], v. 40, n. 3, p. 397-414, 14 jan. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/07388551.2020.1713721>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07388551.2020.1713721?journalCode=ibty20>. Acesso em: 10 ago. 2020.

QUA, Frances Jillian S. **(Im)Material: a qualitative study on sustainable materials for design through a comparative review of leather and its modern alternatives**. 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência em Engenharia e Administração) - Massachusetts Institute of Technology (MIT), [S.l.], 2019. Disponível em: <https://>

[dspace.mit.edu/handle/1721.1/122335](https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/122335). Acesso em: 6 out 2020.

STENTON, Marie. **Cultivated Fashion: exploring the commercial viability of bioengineered fashion and textile products**. Leeds UK: Leeds Arts University, 2018. p. 62–71. Disponível em: <https://lau.repository.guldh.ac.uk/17576/>.

UDALE, Jenny. **Fundamentos do Design de moda: tecidos e moda**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

WU, Sheng-Chi; LI, Meng-Hsun. Production of bacterial cellulose membranes in a modified airlift bio-reactor by *Gluconacetobacter xylinus*. **Journal Of Bioscience And Bioengineering**, [S.l.], v. 120, n. 4, p. 444-449, out. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.02.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389172315000961>. Acesso em: 10 ago. 2020.

## ANEXO

Artigo	Bactéria	Período de cultivo / secagem	pH	Temperatura	Fonte de carbono	Meio de cultivo	Quantidade do meio de cultivo	Espessura antes da secagem	Estático ou submerso
<i>Biocouture</i>	Cultura de Kombucha	21 a 30 dias	acima de 3	inferior a 30°C	200 g	Chá verde, vinagre orgânico	2 saquinhos de 200ml	20mm	Estático
<i>Self-grown Fashion</i>	-	6 dias para cultivo / 3 a 5 para secagem	-	28°C	-	Chá verde, vinho tinto, cerveja, leite, chá preto e água de coco.	5g/L (chá/água) 10g/L (chá/água) 15g/L (chá/água)	-	Estático
<i>Bio-hacking Fashion</i>	<i>Zygosaccharomyces</i> sp e <i>Acetobacter xylinum</i>	14 dias	-	média de 27 °C	-	Chá, vinagre orgânico	-	25 mm	Estático
<i>Bio-hacking Fashion</i>	<i>Janthinobacterium lividum</i>	-	-	30 °C	-	-	-	-	Estático
<i>Taylor-shaped Cultivation</i>	<i>Acetobacter xylinum</i>	15 a 20 dias	-	-	Proporção de 1 sacarose : 7 chá	Chá	Proporção de 1 sacarose : 7 chá	10 mm	Estático
<i>Zoa</i>	Proteína de colágeno	15 dias	-	-	-	-	-	-	-

**Tabela 1** :Variáveis utilizadas para produção do material  
**Fonte:** as autoras (2021).

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5135-8270>

**BRUNA LUMMERTZ LIMA, Dra.** | Professora da área de Vestuário- Instituto Federal de Santa Catarina, Gaspar SC – Brasil | Correspondência para: Rua: Paraíba, 147/1006. Bairro Victor Konder- Blumenau/SC- CEP: 89012-130/ Email: [bruna.lummertz@ifsc.edu.br](mailto:bruna.lummertz@ifsc.edu.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8137-9371>

**ANDRESSA SCHNEIDER ALVES, Dra.** | Professora da área de Vestuário- Instituto Federal de Santa Catarina, Gaspar SC – Brasil | Correspondência para: Rua Jacó Brueckheimer, 122/301, Bairro Velha, Blumenau, SC, CEP 89036-250/ Email: [andressa.schneider@ifsc.edu.br](mailto:andressa.schneider@ifsc.edu.br)

ORCID: 0000-0002-5669-5206

**GEANNINE CRISTINA FERREIRA MARTINS, M.Sc.** | Professora da área de Vestuário- Instituto Federal de Santa Catarina, Gaspar SC – Brasil | Correspondência para: R: Santos Dumont, 70, ap 102, Bairro: Vila Nova, Blumenau - SC, (88035-240) | E-mail: [geannine.martins@ifsc.edu.br](mailto:geannine.martins@ifsc.edu.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

LIMA, Bruna Lummertz; ALVES, Andressa Schneider; MARTINS, Geannine Cristtina Ferreira. Biotecidos: Cultivo De Celulose Bacteriana Para A Área De Moda. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 153-164, ago. 2021.** 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.MIX2021.v7.n3.153-164>.

**DATA DE ENVIO:** 16/02/2021

**DATA DE ACEITE:** 09/06/2021



# UM OLHAR PARA AS CIDADES A PARTIR DO ESTUDO SOBRE AS ILHAS DE CALOR URBANAS

ESTÉFANE DA SILVA LOPES | UFG

KARLA EMMANUELA RIBEIRO HORA, Dra. | UFG

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da temperatura nas cidades tem sido considerado como parte dos efeitos adversos à saúde promovendo agravos tais como problemas respiratórios, estresse térmico e mortalidade induzida por calor. Sua ocorrência pode ser potencializada pela geometria das construções, materiais de superfície e sua quantificação em áreas adensadas.

Dentre as alterações de temperatura numa dada localidade da escala urbana, uma das que tem recebido maior atenção nos últimos anos do século XX tem sido a formação de ilhas de calor urbanas.

Diversas pesquisas, tais como as de Deng et al., (2009); Hu; Brunsell, (2013); Budhiraja; Pathak; Agrawal, (2017); Dorigon; Amorim, (2019); Wang et al., (2019) apresentam os efeitos causados pelas ilhas de calor urbanas ao redor do mundo e seus impactos sobre a saúde e a cidade.

Entretanto, segundo Nascimento (2009) e Sousa e Ferreira (2012), dentre os problemas causados pela rápida urbanização, a formação de ilhas de calor urbanas tem sido um deles, embora pouco estudado. Dorigon e Amorim (2019) afirmam que há poucos estudos no Brasil. Considerando esse contexto ora apresentado, se propõe a refletir sobre a influência das ilhas de calor urbanas nas cidades.

## 2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, optou-se pela realização de uma análise bibliométrica das publicações sobre as ilhas de calor urbanas.

## 3. RESULTADOS

Sultana e Satyanarayana (2020) apresentam um estudo na cidade de Chandigarh na Índia baseado em imagens de satélite que busca entender os impactos das mudanças na cobertura do solo, principalmente nas áreas de ilhas de calor urbanas durante estações de verão e inverno, no qual se notou uma variação na intensidade de ilhas de calor urbanas entre 2 ° C e 1,2 ° C durante o verão e o inverno, respectivamente e, devido ao rápido desenvolvimento, a concentração de vegetação na cidade está diminuindo.

Os autores observaram o aumento constante nas intensidades das ilhas de calor urbanas, tanto no verão quanto no inverno, durante o período de dez anos, abrangendo 2000 a 2018.

Luan et al., (2020), estudaram a contribuição e importância relativa de atividades antropogênicas para formação de ilhas de calor urbanas em 32 cidades chinesas. Eles apresentaram a heterogeneidade, da paisagem causada por condições topográficas e diferentes condições climáticas em termos da configuração dos edifícios e vegetação. O estudo aponta a importância dos corpos hídricos e da cobertura vegetal como agente mitigador do fenômeno. Foi sugerido que em pesquisas futuras sejam detalhadas as ações antropogênicas para formação do fenômeno.

Hua et al., (2020), investigaram as mudanças na área de superfície impermeável e índice de vegetação na cidade de Xiamen na China, apontando o período de 1989 a 2006 para estudos do fenômeno de ilhas de calor urbanas. Entretanto foi analisada uma diminuição do fenômeno no ano de 2006 em relação ao ano de 1989, devido à reconstrução de vilarejos urbanos, construção de parques e cobertura vegetal. Foi constatado que, cada 10% de superfície impermeável corresponde a um aumento de temperatura de superfície terrestre de 0,41°C a 0,91°C.

Kubota e Supiane Ahmad (2006), analisaram a velocidade do vento em seis cidades da Malásia. Eles constataram que a velocidade do vento pode ser afetada devido a falhas de planejamento das cidades. Dentre as seis cidades estudadas, Muar constatou que devido a construções na cidade, onde provocou um aumento de 1,2 ° C desde 1969, ou seja, a temperatura do ar aumentou 0,3 ° C a cada dez anos. Isto provocou temperaturas noturnas mais altas além de causar maior uso de ar condicionado e gasto energético.

Observa-se que dentre os estudos apontados, parte relevante investiga a formação e identificação de ilhas de calor urbanas, apontando à média e/ou variação de temperatura em determinada área da cidade, se tratando de

pesquisas quantitativas, e pouco se pesquisa partindo-se do qualitativo, sobre as interferências do fenômeno ilhas de calor urbanas em relação às cidades.

### **REFERÊNCIAS**

AMORIM, C. T. M. UNESP, remote sensing of surface heat islands: examples of small-and medium - sized cities in the tropical environment, BRAZIL, Finisterra- revista Portuguesa De Geografia, p. 111–133, 2017.

DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. DE C. T. Spatial modeling of an urban Brazilian heat island in a tropical continental climate. Urban Climate, v. 28, p. 100461, jun. 2019.

# ESTUDO GEOMORFOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO RIO PARAÍBA DO SUL COM USO DE GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO CHUVA-VAZÃO

DHIEGO DA SILVA SALES, M.Sc. | IFF

VICENTE DE PAULO SANTOS DE OLIVEIRA, Dr. | IFF

JADER LUGON JUNIOR, Dr | IFF

## 1. INTRODUÇÃO

A intervenção humana nas áreas adjacentes aos cursos dos rios, seja na construção de diques, na remoção de cobertura vegetal nativa, em razão da expansão da atividade agropecuária, ou mesmo para a expansão das cidades, promovida pelo desenvolvimento das civilizações, tem contribuído para ocorrência de grandes modificações na paisagem e, por consequência, mudanças significativas na geomorfologia dos cursos d'água, bem como, na disponibilidade hídrica.

O estudo das bacias hidrográficas vem ganhando força nas últimas décadas, notadamente a partir da institucionalização desta como unidade de gestão, a partir da Política Nacional de Recursos Hídricos. Sendo uma área multidisciplinar e de ação coletiva, a gestão das águas representa uma temática sempre presente e permeada por conflitos, a partir dos usos múltiplos e de interesses quase sempre conflitantes, cabendo uma gestão pública participativa para mediar os conflitos, especialmente quando se trata de bacias federais, como a do Rio Paraíba do Sul, que ultrapassa o limite de três estados.

Partindo da premissa de que as intervenções ocasionadas pela ação humana atuam no desequilíbrio dos ecossistemas naturais, este trabalho lança mão de ferramentas de geotecnologias, compostas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelagem computacional para estudo das vazões na bacia do Rio Paraíba do Sul, sendo, esta pesquisa dividida em três partes, que são apresentadas na forma de artigos científicos.

O primeiro artigo deste estudo teve caráter diagnóstico, onde buscou-se verificar a ocorrência de modificações morfológicas nos 65 km finais de seu curso devido às forças geomorfológicas, com uso de ferramentas de SIG. Foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2, de 2017,

associadas ao levantamento aéreo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (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 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 (4,53 %) e na área total na ordem de 2,26 km<sup>2</sup> (4,53 %). Além disso, o satélite Sentinel-2 foi considerado satisfatório para os propósitos da metodologia utilizada neste estudo.

O segundo artigo teve como objetivo realizar um conjunto de 49 experimentos para avaliar a sensibilidade do modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF) a diferentes parametrizações físicas, para estudos das precipitações, a fim de posteriormente realizar o acoplamento dos resultados de chuva no modelo hidrológico. Sete esquemas microfísicos foram testados em associação com sete esquemas convectivos para identificar a combinação que melhor representa a distribuição das chuvas na bacia do Paraíba do Sul. Os esquemas de camada limite planetária, camada superficial, radiação de onda longa e radiação de onda curta foram definidos a partir de quatro experimentos configurados com parametrizações físicas já utilizadas na mesma região e disponíveis na literatura. O modelo Global Forecast System (GFS) foi usado como um dado de condição de contorno lateral para o procedimento de redução da escala. Os experimentos foram realizados para o período de 2 a 6 de janeiro de 2019, por ser o período de

maior instabilidade, registrado pelas 19 estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distribuídas na bacia hidrográfica para o verão de 2018/2019. A fim de avaliar os experimentos de melhor desempenho, eles foram submetidos aos testes estatísticos BIAS, RMSE e MAE. O tempo de processamento gasto em cada experimento foi de 8 horas, considerando um computador com 8GB de memória RAM, processador Intel Core i5 8250U com velocidade de 1,60GHz e oito núcleos de processamento, onde cada experimento corresponde a um período de simulação de 4 dias, com dois domínios aninhados, onde a malha mais grosseira possui 67 x 54 células de ~16,5 km e a malha mais fina 120 x 81 células de ~5,5km. Os resultados apontaram um grupo de quatro combinações de esquemas microfísicos e *cumulus* estatisticamente semelhantes e com melhor desempenho médio.

O terceiro artigo teve por objetivo a modelagem hidrológica da bacia do Rio Paraíba do Sul, na plataforma MOHID Land, para estudo das vazões, a partir de seis diferentes entradas de precipitação. Foram criados dois cenários com variação temporal da chuva a partir da precipitação medida em 17 estações automáticas do INMET na bacia e interpoladas na ferramenta FillMatrix, pelos métodos *Inverse Distance Weighting* (TIN) e *Triangulated Irregular Networks* (IDW), respectivamente. Outros quatro cenários foram criados a partir de quatro experimentos simulados no modelo atmosférico WRF-ARW, e verificados como de melhor desempenho no artigo 2, correspondendo à variação espacial e temporal da precipitação. O modelo hidrológico foi alimentado com coeficiente de *Manning*, *Curve Number*, seções transversais (extraídas do banco de dados da ANA), e a curva de operação dos reservatórios (extraídas da sala de situação no website SIGA-CEIVAP). O período de análise corresponde ao mês de janeiro de 2019 (01/01/2019 00 UTC e 01/02/2019 00 UTC), com avaliação horária. Os dados de vazão medidos utilizados foram extraídos da estação fluviométrica da ANA, em Campos dos Goytacazes, e foram utilizados para os testes estatísticos de BIAS, MAE, MAPE, RMSE e Correlação de Pearson (R) para avaliação do modelo. Os resultados demonstraram que uma vez estabelecida a parametrização física de melhor desempenho no modelo atmosférico (WRF), a chuva modelada tem um desempenho superior a chuva interpolada (observada) para implementação no modelo hidrológico (MOHID) para estudo das vazões. O tempo de processamento gasto em cada cenário atmosférico foi de 66 horas, considerando um computador com 8GB de memória RAM, processador Intel Core i5 8250U com velocidade de 1,60GHz e oito núcleos de processamento,

onde cada cenário correspondeu a um período de simulação de 33 dias (mês de janeiro de 2019 acrescido de dois dias de *spin-up*), com dois domínios aninhados, onde a malha mais grosseira possui 62 x 51 células de 15 km e a malha mais fina 123 x 90 células de 5km. Para as simulações com o MOHID Land, o tempo de processamento gasto em cada cenário foi de 30 minutos, utilizando o mesmo *hardware* e com uma malha de 120 x 81 células de ~5,5km.

Este estudo pretendeu contribuir para o entendimento dos processos hidrológicos na bacia do Rio Paraíba do Sul, servindo de subsídio para as políticas públicas de gestão dos recursos hídricos, bem como a difusão da utilização do acoplamento do modelo atmosférico WRF ao modelo hidrológico MOHID Land. O ganho proveniente deste acoplamento, se concentra na tentativa de obtenção de melhor ajuste para estudos de vazão na medida em que melhores representações de chuva implicam em melhor resposta de vazão na bacia.

## REFERÊNCIA

SALES, D. S. Estudo geomorfológico e hidrológico do rio Paraíba do Sul com uso de geotecnologias e modelagem computacional para simulação chuva-vazão. Dissertação (Mestrado e Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 2020. Disponível em: <http://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-em-engenharia-ambiental/dissertacoes-de-mestrado/2020>. Acesso em: 02/04/2021.

# VALORIZAÇÃO DE POLIPROPILENO PÓS-CONSUMO EM MATERIAIS COMPÓSITOS MADEIRA-PLÁSTICO

MONIQUE VENÂNCIO, M.Sc. | FURB

JOEL DIAS DA SILVA, Dr. | FURB

## 1. INTRODUÇÃO

O polipropileno (PP), produzido a partir da polimerização do gás propileno, é um polímero extremamente versátil, com excepcional resistência a rupturas, boa resistência a impactos, boa resistência química e boas propriedades elétricas (PIATTI; RODRIGUES, 2005; VAN DE VELDE, 2012). Apesar de sua versatilidade, elevada produção e utilização, o descarte de polímeros que, na maioria das vezes, é desordenado, impacta negativamente o meio ambiente (LANDIM et al., 2016).

Diante do exposto, a reciclagem, de forma sistemática, é uma das soluções descritas como mais viáveis para minimizar o impacto causado pelos polímeros ao meio ambiente (SPINACÉ; PAOLI, 2005). Além disso, a produção de novos materiais com reutilização de resíduos, mostra-se promissora, com a obtenção de produtos ecologicamente corretos e redução dos custos de produção (ZOCH, 2013).

De acordo com Müzel (2017), os compósitos originam-se da combinação de dois ou mais materiais, distintos e imiscíveis, com propriedades mecânicas complementares e propriedades físico-químicas distintas. Os materiais, que constituem um material compósito, são chamados de fase de reforço (i.e., fibras, partículas ou flocos) incorporados à uma matriz polimérica (SINGH; BEDI; KAITH, 2020).

Pela lacuna ainda existente na utilização de polipropileno pós-consumo - em conjunto com serragem ou pó de madeira - na fabricação de materiais compósitos (OHIJEAGBON et al., 2020), objetivou-se verificar a viabilidade técnico-ambiental deste processo, numa abordagem preliminarmente teórica, contemplando pesquisas realizadas na última década.

## 2. RESULTADOS

A produção dos compósitos madeira-plástico, originalmente, começa com as indústrias automotivas, na década de 50, adicionando pó de madeira ao polipropileno (PP) para a fabricação de algumas partes internas dos veículos (YAMAJI; BONDUELLE, 2004). Contudo, por serem hidrofóbicos, enquanto a madeira é hidrofílica por natureza, o

produto resultante apresentava propriedades mecânicas inferiores quando comparados com aqueles produzidos com componentes adequadamente vinculados (LU; WU; MCNABB, 2000a; SCHWARZKOPF; BURNARD, 2016; SJOSTROM, 1993).

Buscando melhorar a qualidade destes vínculos, novas tentativas foram feitas ao longo dos anos, agora experimentando aditivos conhecidos como agentes compatibilizantes ou agentes de acoplamento (ZOCH, 2013; SCHWARZKOPF; BURNARD, 2016).

O agente compatibilizante mais comumente utilizado para compósitos contendo polipropileno é o polipropileno graftizado com anidrido maleico - PPgMA (POLETTTO et al., 2012). Stark e Rowlands (2003), ao estudarem compósitos confeccionados com granulometrias diferentes de madeira, mostrou que a adição de agentes compatibilizantes teve melhor desempenho em compósitos contendo serragem, quando comparados aos compósitos contendo pó de madeira.

Apesar de apresentar-se como alternativa ambientalmente saudável (POLETTTO et al., 2012), a produção de compósitos madeira-plástico ainda utiliza agentes compatibilizantes que não se aliam ao conceito de sustentabilidade, tornando-se necessário o desenvolvimento de novas formulações com insumos renováveis (CATTO et al., 2014; KEENER; STUART; BROWN, 2004; LU; WU; MCNABB, 2000b; POLETTTO et al., 2012). Além disso, dificuldades já foram observadas durante o processamento dos compósitos plástico-madeira e, segundo Yamaji e Bonduelle (2004), estas podem ser atribuídas à granulometria da madeira.

Por fim, apesar de se identificar inúmeras aplicações para os compósitos madeira-plástico (LEVY NETO; PARDINI, 2006), o desafio ainda reside em se obter um material reciclado com melhor qualidade e propriedades, equiparadas com as do material virgem (YUGUE, 2020).

## REFERÊNCIAS

CATTO, A. L.; STEFANI, B. V.; RIBEIRO, V. F.; SANTANA, R. M. Influence of coupling agent in compatibility of

- post-consumer HDPE in thermoplastic composites reinforced with eucalyptus fiber. *Materials Research*, v. 17, p. 203–209, 2014.
- KEENER, T. J.; STUART, R. K.; BROWN, T. K. Maleated coupling agents for natural fibre composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, v. 35, n. 3, p. 357–362, 2004.
- LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. *Polímeros*, v. 26, p. 82–92, 2016.
- LEVY NETO, F.; PARDINI, L. C. *Compósitos estruturais: ciência e tecnologia*. São Paulo: Edgard Blucher Editora, 2006.
- LU, J. Z.; WU, Q.; MCNABB, H. S. Chemical coupling in wood fiber and polymer composites: A review of coupling agents and treatments. *Wood and Fiber Science*, v. 32, n. 1, p. 88–104, 2000a.
- LU, J. Z.; WU, Q.; MCNABB, H. S. Chemical coupling in wood fiber and polymer composites: A review of coupling agents and treatments. *Wood and Fiber Science*, v. 32, n. 1, p. 88–104, 2000b.
- MÜZEL, S. D. Estudo da usinagem dos compósitos plástico madeira e madeira plástica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), 2017.
- OHIJEAGBON, I. O.; ADELEKE, A. A.; MUSTAPHA, V. T.; OLORYNMAIYE, J. A.; OKOKPUJIE, I. P.; IKUBANNI, P. P. Development and Characterization of Wood-Polypropylene Plastic-Cement Composite Board. *Case Studies in Construction Materials*, v. 13, e00365, 2020.
- PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. *Série: Conversando sobre ciências em alagoas*, p. 51, 2005.
- POLETO, M.; JUNGES, J.; ZATTERA, A. J.; SANTANA, R. Compósitos de Polipropileno Reciclado e Pó de Madeira Utilizando Compatibilizantes de Fontes Renováveis, 3º Congresso internacional de tecnologias para o meio ambiente, Bento Golçalves - RS, 25 a 27 de abril, 2012.
- SCHWARZKOPF, M. J.; BURNARD, M. D. Environmental Impacts of Traditional and Innovative Forest-based Bioproducts. *Environmental Impacts of Traditional and Innovative Forest-based Bioproducts*, p. 19–44, 2016.
- SINGH, A. K.; BEDI, R.; KAITH, B. S. Mechanical properties of composite materials based on waste plastic – A review. *Materials Today: Proceedings*, 2020.
- SJOSTROM, E. *Wood chemistry, fundamentals and applications*. 2nd ed. ed. San Diego: Academic Press, INC., 1993. v. 252
- SPINACÉ, M. A. DA S.; PAOLI, M. A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Química Nova*, v. 28, n. 1, p. 65–72, 2005.
- STARK, N. M.; ROWLANDS, R. E. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood and Fiber Science*, v. 35, n. 2, p. 167–174, 2003.
- VAN DE VELDE, K. Recycling of polypropylene. *Chemical Fibers International*, v. 52, n. 1, p. 59–61, 2012.
- YAMAJI, F. M.; BONDUELLE, A. Utilização da serragem na produção de compósitos plástico madeira. *Revista floresta*, v. 34, n. 1, p. 59–66, 2004.
- YUGUE, E. T. Desafios e potenciais soluções para reciclagem de embalagens plásticas flexíveis pós-consumo no Brasil. Dissertação (Mestrado em ciências ambientais), 2020.
- ZOCH, V. P. *Produção e Propriedades de Compósitos Madeira-Plástico Utilizando Resíduos Minimamente Processados*. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal), 2013.

# INOVAÇÃO EM COMPOSTAGEM POR MEIO DE REATOR ROTATIVO HERMÉTICO

EDVALDO JOSÉ SCOTON, Dr. | UNESP

ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE, Dra. | UNESP

## 1. INTRODUÇÃO

A compostagem é um conjunto de técnicas muito importante para o tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos, por meio do uso de tecnologias sustentáveis que processam os resíduos orgânicos originados da agricultura, agroindústria, silvicultura, resíduos orgânicos domiciliares e, ainda, o lodo de esgoto (TOLEDO et al., 2018).

O emprego do processo de compostagem no Brasil, é ainda bastante incipiente e possui alto grau de empirismo no controle e avaliação do processo, devido a falta de conhecimento técnico mais aprofundado, sendo necessário o implemento de novas formas de análise e controle eficazes (SARDA et al., 2019). No processo avaliativo chamado método "respirométrico", utiliza-se uma nova metodologia na qual os parâmetros de degradação biológica dos resíduos não são medidos na fase sólida, mas em sua fase gasosa (SCOTON et al., 2016).

Os objetivos da pesquisa foram avaliar através da análise gasosa do processo de compostagem de resíduos orgânicos, aqui denominado método respirométrico, obtendo parâmetros avaliativos da degradação da matéria orgânica, além de estudar e detalhar formas para melhor compreensão dos processos de compostagem.

## 2. METODOLOGIA

O projeto é composto por três partes principais:

1 - Reator piloto para compostagem de resíduos: o reator consiste de um "tambor rotativo", que apresenta um volume interno útil de 90,1 litros, e na fase final do experimento um reator com capacidade de 980 litros.

2 - Analisador de gases CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>: o analisador é um dispositivo modelo S710, fabricado pela empresa SickMaihak. Este equipamento tem uma interface de comunicação serial que envia os valores medidos consecutivamente em períodos específicos de tempo.

3 - Computador para coleta de dados: o analisador de gases permite a conexão, através de uma saída serial, a um computador que recebe e processa estas informações.



Figura 1 - Estrutura do processo de experimentos de compostagem formada basicamente por: tambor rotativo, analisador de gases e aquisição de dados

Fonte: Autores

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise do lodo de esgoto pelo método respirométrico, demonstrou ser uma ferramenta positiva, e pode a vir a ser muito útil, desde que sejam levados em considerações todos parâmetros apontados na literatura, buscando o equilíbrio destes parâmetros na escolha e quantificação dos resíduos. O reator rotativo hermético apresentou como vantagens a homogeneização dos resíduos, favorecendo o contato de toda a matéria orgânica com as bactérias decompositoras, acelerando o processo, e também o isolamento do odor e do contato com vetores apresentando como trabalhos futuros a análise das variáveis velocidade de rotação e tempo de rotação e repouso do reator e suas alterações contribuições na eficiência do processo.

## REFERÊNCIAS

SARDÁ, L.G. ; HIGARASHI, M.M. ; DE OLIVEIRA, P.A.V.; COMIN, J.J.Ryegrassstrawandwoodshavings as bulkingagentsonswineslurryco-composting: a case study in Southern Brazil. InternationalJournalofRecyclingofOrganicWaste in Agriculture, 1 December 2019, Vol.8, pp.55-63  
SCOTON, E.J; BATTISTELLE,R.A.G. ; BEZERRA, B.S. ; AKUTSU, J.. A sewagesludgeco-compostingprocessusingrespirometricmonitoringmethod in hermeticrotaryreactor. Journalofcleanerproduction, 10 May 2016,

Vol.121, pp.169-175

TOLEDO, M.; SILES, J.; GUTIÉRREZ, M.; MARTÍN, M. Monitoring of the composting process of different agroindustrial waste: Influence of the operational variables on the odorous impact. Waste Manag. 2018, 76, 266–274.

# GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DOMICILIARES: ANÁLISE DOS FATORES CRÍTICOS PARA O SUCESSO AMBIENTAL

RAFAEL MATTOS DEUS, Dr. | UNESP

ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE, Dra. | UNESP

## 1. INTRODUÇÃO

Os indicadores relacionados à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos geralmente analisam o desempenho dos municípios e determinadas tecnologias e práticas a fim de dar suporte ao processo de tomada de decisão, de tal modo que as escolhas dos gestores causem efeitos e impactos positivos nos variados aspectos da sustentabilidade (WEN; LIN; LEE, 2009; CĂILEAN; TEODOSIU, 2016). Pode-se, além disso, englobar as variadas dimensões da sustentabilidade, além do aspecto técnico, garantindo o sucesso dos projetos de implementação de um sistema integrado (ZURBRÜGG et al., 2012). Os indicadores permitem também a criação de novas políticas direcionada ao desenvolvimento permanente e contínuo do sistema (GREENE; TONJES, 2014).

Desta forma, os indicadores permitem monitorar o serviço prestado para a população, assim como suas necessidades e preferências (DEUS; BEZERRA; BATTISTELLE, 2019), por exemplo: monitorar a sustentabilidade do aterro sanitário (GHANBARI et al., 2012), monitorar custos de coleta e transporte (SANJEEVI; SHAHABUDEEN, 2015) e impactos sociais e econômicos (DEUS; BATTISTELLE; SILVA, 2017).

O objetivo deste estudo foi criar um indicador de desempenho ambiental, que envolveu análise do consumo de energia e emissões de dióxido de carbono equivalente dos municípios de pequeno porte do estado de São Paulo. Além disso, o estudo também teve por objetivo criar uma classificação dos municípios relacionado ao desempenho ambiental e identificar as melhores práticas de gestão e gerenciamentos de resíduos domiciliares dos melhores municípios.

O estudo foi composto por cinco fases: Fase 1: Seleção dos municípios; Fase 2: Coleta de dados; Fase 3: Modelagem -WasteReduction Model; Fase 4: Análise dos resultados (saídas), e; Fase 5: Construção do indicador agregado e comparação entre os municípios para analisar as práticas de gestão.

Nesse estudo foi possível verificar a geração per capita de resíduos dos municípios de até 10.000 habitantes do estado de São Paulo. Esse é um importante indicador relacionado à pressão ambiental por permitir avaliar o comportamento do município. Neste estudo também foi possível estimar a emissão de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) e o consumo de energia em kWh, ambos em habitante-1 ano-1, associados à gestão de resíduos de cada município. Quanto à qualidade do aterro, o indicador teve média de 8,63, assim, entende-se que a maioria dos locais de destinação final encontra-se em condições adequadas.

Ao combinar os indicadores, foi gerado um indicador agregado. Dentre os municípios mais bem classificados com este indicador, sete destinam os resíduos em aterros municipais e quatro em aterros privados. Os aterros privados são os que atingem maiores níveis de qualidade. Embora os consórcios públicos para gestão e gerenciamento de resíduos sejam estimulados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, com alta prioridade na obtenção de incentivos fiscais do governo brasileiro, apenas um município dentre os dez faz parte de um consórcio, entretanto o foco maior é no gerenciamento dos resíduos da construção civil.

Quanto às taxas de cobranças, mesmo sendo permitida por lei, apenas um município manifesta sua cobrança por meio de uma taxa de serviços urbanos incorporada ao Imposto Predial Territorial Urbano – IPTU. Nos melhores municípios classificados a coleta de resíduos é realizada totalmente pela prefeitura eventualmente durante a semana, apenas dois apresentaram coleta diária.

Sete dos municípios apresentam coleta seletiva institucionalizada. Um dos pontos fundamentais para os bons indicadores é a presença de catadores de recicláveis, mesmo que informalmente, que realizam a coleta de materiais recicláveis (contabilizados pela prefeitura). Os catadores desempenham um papel importante na coleta de resíduos

recicláveis, entretanto é necessária a inserção de políticas práticas de inclusão. As capacitações desses catadores refletem a importância da educação ambiental para o município, apenas quatro municípios têm essa preocupação.

É evidente que até os melhores municípios classificados nos indicadores ambientais utilizados nesse estudo precisam desenvolver e implementar práticas que envolvem a reciclagem, integração de catadores de recicláveis e sua capacitação técnica, assim como possibilitar uma maior inclusão social e participação integrada no gerenciamento e gestão dos resíduos.

Por último, e em destaque, seis dos melhores municípios apresentam algum tipo de programa, projeto e ações de educação ambiental. Assim, é necessária mudança estrutural para que entendam a importância desse ponto, pois ela é a única que pode reforçar e criar um círculo virtuoso. Isso permite que a população tenha mais consciência ambiental e, conseqüentemente, possa agir de forma mais sustentável diante das práticas que envolvem a gestão dos resíduos.

Os resultados também mostram que o indicador construído pode ser aplicável facilmente pelos gestores públicos e utilizado como base para o processo de tomada de decisão para implementar as melhores práticas adotadas pelos municípios com maiores notas, conseqüentemente, a mudança de realidade e no impacto ambiental dos municípios.

## REFERÊNCIAS

- CĂILEAN, D.; TEODOSIU, C. An assessment of the Romanian solid waste management system based on sustainable development indicators. *Sustainable Production and Consumption*, v. 8, n. August, p. 45–56, 2016.
- DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R. Scenario evaluation for the management of household solid waste in small Brazilian municipalities. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 19, n. 1, p. 205–214, 2017a.
- DEUS, R. M.; BEZERRA, B. S.; BATTISTELLE, R. A. G. Solid waste indicators and their implications for management practice. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 16, n. 2, p. 1129–1144, 2019.
- GHANBARI, F. et al. A new method for environmental site assessment of urban solid waste landfills. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 184, n. 3, p. 1221–1230, 2012.
- GREENE, K. L.; TONJES, D. J. Quantitative assessments of municipal waste management systems:

using different indicators to compare and rank programs in New York State. *Waste Management*, v. 34, n. 4, p. 825–36, 2014.

SANJEEVI, V.; SHAHABUDEEN, P. Development of performance indicators for municipal solid waste management (PIMS): a review. *Waste Management & Research*, v. 33, n. 12, p. 1052–1065, 2015.

WEN, L.; LIN, C.-H.; LEE, S.-C. Review of recycling performance indicators: A study on collection rate in Taiwan. *Waste Management*, v. 29, n. 8, p. 2248–2256, 2009.

ZURBRÜGG, C. et al. Determinants of sustainability in solid waste management – The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia. *Waste Management*, v. 32, n. 11, p. 2126–2133, 2012.

## ENTREVISTA COM: CELIA NEVES



Créditos: Jean D'Aragon

1) Poderia resumir para os nossos leitores sua trajetória como pesquisadora?

Nasci numa cidade do interior da Bahia (Vitória da Conquista) e aos 15 anos, com meus dois irmãos, fomos estudar em São Paulo. Passamos pelo Colégio Bandeirantes, um dos mais rigorosos, e todos cursamos engenharia na USP. Como tinha muita simpatia pela construção de pontes e obras de terra, optei pela engenharia civil. Nos últimos dois anos do curso, fiz estágio no laboratório de solos do Instituto de Pesquisas Tecnológica de São Paulo (IPT).

Estava profissionalmente indefinida após a graduação: casada há três anos e determinada a retornar à Bahia, aceitei a oferta do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED), localizado em Camaçari, próximo a Salvador, que buscava um engenheiro júnior para trabalhar no projeto sobre utilização do solo-cimento na produção de habitação de interesse social do Programa de Habitação de Baixo Custo (THABA).

Adquirimos uma chácara a 15 km do CEPED, com coqueiros, mangueiras e cajueiros, uma pequenina casa de taipa de mão, água de poço e sem energia: um

paraíso para quem morava há oito anos em apartamento em São Paulo. Quando a família cresceu, construímos uma casa com paredes monolíticas de solo-cimento e conseguimos instalar energia elétrica.

No CEPED, o projeto coincidiu ao meu desejo de “fazer algo” em benefício da comunidade, despertado principalmente com o retorno à Bahia. A pesquisa envolvia o estudo do material e o desenvolvimento de sistemas construtivos com solo-cimento compactado, uma técnica evoluída da antiga taipa de pilão. Nesta época, década de 1970 e início da de 1980, o uso da terra como material de construção não fazia parte de atividades acadêmicas, com exceção dos estudos específicos de restauro do patrimônio vernáculo, nem do cardápio materiais ou técnicas dos agentes financiadores de projetos habitacionais. Além disso, o uso da terra na construção era sinônimo de miséria e politicamente culpado pela doença de Chagas, endêmica em algumas regiões do país.

Em 1984, o Banco Nacional de Habitação (BNH) criou o Projeto João-de-Barro, que apoiava principalmente a prática da autoconstrução, não reconhecida pelos órgãos públicos até então, e com estímulo ao uso de alternativas tecnológicas, acenando então a possibilidade do uso da terra. Poucas realizações foram realizadas por este projeto uma vez que o BNH foi extinto em 1986.

Em 1987, com objetivo de reunir pesquisadores e técnicos envolvidos com a produção e transferência de tecnologia do ambiente construído, foi criada a associação nacional de tecnologia do ambiente construído (ANTAC), da qual participei como vice-presidente em 1987-1989 e 2ª tesoureira em 1989-1991.

As pesquisas desenvolvidas pelo THABA estudavam o uso de materiais naturais e locais e o desenvolvimento de componentes habitacionais com determinação das características físicas e mecânicas, execução de protótipos, avaliação de desempenho do produto, simplificação do procedimento de execução e elaboração de manuais ou cartilhas para a transferência da tecnologia. Foi uma época de muita produção, inclusive com as publicações do CEPED do Manual de construção com solo-cimento e da Cartilha para construção de paredes

monolíticas em solo-cimento. Ainda na década de 1980, nove instituições participaram de reuniões coordenadas pelo BNH e Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) no sentido de uniformizar as técnicas de utilização do solo-cimento na construção habitacional. Estas reuniões resultaram em diversas publicações e textos base para normas técnicas. Em 1985 foram publicadas duas normas (NBR 8491 e NBR 8492), seguidas de mais seis normas sobre este assunto entre 1989 e 1994.

Na década de 1990, o conceito de sustentabilidade vai se consolidando, não só na sociedade em geral, mas também no campo da arquitetura e engenharia. Como consequência, a terra ganha nova roupagem, atraindo diferentes olhares, assim como muitos materiais disponíveis na natureza.

Reconhecida como pesquisadora de materiais e técnicas para produção habitacional, principalmente com uso do solo-cimento, fui convidada, em 1990, a participar de uma equipe internacional para elaboração de uma proposta sobre a sistematização do uso da terra em habitação de interesse social no âmbito do Programa Ibero-americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (CYTED). A proposta foi aprovada em 1991, e fui designada, pelo CNPq, representante brasileira da Rede Temática Habiterra.

Embora de natureza acadêmica, Habiterra tratou de levantar e uniformizar o conhecimento sobre o uso da terra, desde as pesquisas desenvolvidas até as práticas populares existentes nos países ibero-americanos, e de buscar identificar ações apropriadas para sua divulgação. Ao finalizar Habiterra (1991-1999), o CYTED aprovou o projeto de investigação Proterra (2001-2005), do qual fui coordenadora. Ao finalizar este projeto, decidiu-se pela criação de uma rede independente, denominada PROTERRA, formada por especialistas dedicados à área da arquitetura e construção com terra, que coordenei desde sua criação (2006) até 2008. Ainda em 2006, membros de PROTERRA, com apoio de instituições portuguesas e brasileiras, organizaram o seminário TerraBrasil 2006 em Ouro Preto, Minas Gerais. Ao finalizar este evento, decidiu-se pela criação de uma rede brasileira de arquitetura e construção com terra, que também coordenei desde sua criação (2007) até 2013.

A partir na década de 1990, já não se conseguia financiamento para projetos sobre alternativas tecnológicas nos centros de pesquisas e assim as equipes foram se dispersando. Assumi então a chefia do laboratório de engenharia civil, que se dedicava, principalmente, aos ensaios e controle de qualidade de materiais de

construção convencionais, tais como solos, concreto, argamassa e rochas ornamentais. Nesta época, em parceria com a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, criamos o Centro Tecnológico da Argamassa (CETA), onde desenvolvemos procedimentos de ensaios para dosagem e controle de qualidade de argamassa com arenoso (saibro), material comumente usado na Região Metropolitana de Salvador, ainda sem o respaldo de normas. As pesquisas realizadas no CETA contribuíram para a dosagem de argamassas mista de cimento e cal e com adição de arenoso, que permitiram incluir este material na revisão das normas de argamassa para revestimento.

Depois de minha aposentadoria do CEPED, em 2007, dediquei-me às redes PROTERRA e TerraBrasil, principalmente como coordenadora dos respectivos comitês científicos, cuja constância (TerraBrasil 2006-2022; SIACOT 2013-2019) proporcionou a sistematização dos procedimentos para avaliação de artigos, que resultaram, tanto os anais do TerraBrasil como as memórias do SIACOT, em valiosos registros do estado da arte de cada época.

Em 2016, atuei como um dos editores da publicação *Arquitectura de Tierra en América Latina*, que reuniu 84 autores, quase todos membros de PROTERRA; a publicação corresponde a um rico relato de variados assuntos no âmbito da arquitetura e construção com terra em cada um dos 19 países participantes. Atualmente, estou coordenando a edição de uma publicação sobre arquitetura e construção com terra no Brasil, que trata de três importantes áreas: patrimônio e arquitetura; arquitetura na contemporaneidade; e ensino, pesquisa, inovação e transferência. Esta publicação conta com a participação de mais três editores e 37 autores.



TerraBrasil 2006, realizado em Ouro Preto (MG).  
Créditos: Mônica Olander



TerraBrasil 2014, realizado em Viçosa (MG)  
Créditos: Ian Marte

## 2) Como se desenvolveram as pesquisas sobre o uso de materiais não-convencionais, inclusive a terra, e alternativas tecnológicas para a produção de HIS?

No Brasil, entendo que houve duas situações distintas relativas às pesquisas sobre o uso de materiais não-convencionais e de alternativas tecnológicas. A primeira situação corresponde a atuação dos centros de pesquisas, tais como IPT, CEPED e NUTEC, entre as décadas de 1970 até 1990. Ao final da década de 1990 e seguintes, as pesquisas passaram a ser desenvolvidas nas universidades, principalmente nos cursos de pós-graduação. Nos centros de pesquisas, em geral, havia um programa amplo e contínuo, com objetivos claramente definidos e compromissos com prazos e resultados em cada etapa; nas universidades, com algumas exceções, não se constata a existência de programas específicos de pesquisas sobre o uso da terra ou de materiais não-convencionais. Estas são diversificadas e desenvolvidas pontualmente, originadas nos trabalhos dos alunos de pós-graduação e, notadamente, por incentivo de um professor ou de um desejo do próprio estudante. Enquanto que os programas desenvolvidos nos centros de pesquisas contavam com uma equipe de profissionais de formação variada, esta diversificação é rara nos cursos de pós-graduação, pois, em geral, as pesquisas são realizadas em departamentos de um determinado curso, cuja equipe tem formação mais homogênea. O programa de Tecnologias de Edificações do IPT, por exemplo, contava com uma equipe de mais de 40 profissionais das engenharias, arquitetura, direito, assistência social, química, entre outras. Sua publicação Tecnologia de Edificações, de 1988, da Editora Pini, foi um marco que fundamentava pesquisas desenvolvidas em outros centros de pesquisas. No CEPED, apesar da

pequena equipe do THABA composta por engenheiros e arquitetos, contava-se com apoio dos programas de química orgânica e inorgânica, alimentos, metalurgia, além de economistas, estatísticos e assistentes sociais, do suporte da biblioteca, do setor de datilografia e da revisão dos relatórios e documentos para publicação. É necessário lembrar que, nesta época, não existia internet e nenhum outro meio de difusão do conhecimento, além das publicações impressas.

Em relação especificamente a pesquisas sobre a terra como material de construção, destacaram-se inicialmente o CEPED e o IPT com os estudos de solo-cimento; na academia, a primeira notícia corresponde a uma dissertação sobre o uso de fibra vegetal na produção de adobe em 1993, outra em 1999 sobre taipa de mão e, em 2001, sobre desempenho de BTC. Atualmente, conta-se com um acervo aproximado de 120 dissertações e teses sobre o uso da terra para a produção de edificações, que tratam de técnicas construtivas e várias propostas para estabilização da terra com resíduos. Dentre estes documentos, destacam-se cinco estudos sobre a relação entre a doença de Chagas e casa de terra.

## 3) Poderia nos dar uma definição de construção sustentável? Quais materiais fazem parte deste conceito no contexto das edificações?

Existem variadas formas de conceituar construção sustentável. Definições simplistas resumem-se ao uso de materiais locais e técnicas vernáculas de execução, sem impactar a natureza; outras, mais complexas, envolvem, não só os materiais e técnicas adotadas na construção, mas ao uso de produtos durante a ocupação e a forma de reciclagem da edificação. Independente da complexidade adotada, a sustentabilidade é um conceito que se consolida a partir da década de 2000.

No entanto, a utilização de materiais locais, o respeito e regaste de técnicas vernáculas e a preocupação com o ambiente natural, abarcados no guarda-chuva da sustentabilidade, não é uma “prática” deste século. Os projetos de pesquisa desenvolvidos no THABA, por exemplo, fundamentava-se no uso de materiais naturais e locais, no respeito a cultura da região, na ergonomia do trabalho e na simplificação do processo de execução, visando a apropriação das técnicas de produção.

Em relação a outros materiais, o uso de fibras vegetais para produção de componentes habitacionais, por exemplo, foi estudado pelo THABA, pelo IPT e depois recebeu uma grande contribuição de estudantes de

pós-graduação da Escola Politécnica da USP; a utilização de resíduos, independente de sua origem, foi também foco de interessantes estudos, alguns divulgados no volume 4 da coletânea *Habitare*, organizada pela ANTAC com apoio da FINEP, publicado em 2003.

Quanto ao uso de materiais locais, disponíveis na natureza, sempre fui contrária ao uso do esterco, também reconhecido como estrume, excremento, bosta de vaca, entre outros. Este material, usado no passado para melhorar a plasticidade, impermeabilidade e restringir a retração da terra em estado plástico, é hoje cultuado, principalmente nos centros de vivências ou por bio-profissionais, por representar um material “natural”. No entanto, está se tratando de fezes de um ser vivo que contém parasitas. No passado, o estrume era utilizado nas construções com terra por pessoas habituadas ao seu manejo, naturalmente “imunizadas”. No entanto, o contato do esterco por pessoas que vivem em centros urbanos sem esta convivência imunizadora pode ser veículo de doenças, inclusive do temível tétano.

#### 4) Qual o papel das normas de terra neste futuro?

As normas têm a função primordial de garantir a qualidade e conformidade do produto na relação entre o produtor e o consumidor e contar com o respaldo das agências de financiamento. Sem normas, este tripé para funcionar precisaria contar com contratos específicos, bem detalhados, e com responsabilidades definidas. A publicação de uma norma, no entanto, não significa o “dever cumprido”, uma vez que esta deve ser temporariamente atualizada.

As normas de tijolos e blocos de solo-cimento, publicadas a partir de 1984 e com revisão publicada em 2013, já são reconhecidas no tripé produtor-financiador-consumidor e referenciadas em diferentes situações. A norma de adobe, aprovada em 2020, ainda não conta com um histórico de contribuição significativo. Este histórico, em geral, é registrado por pesquisadores nas referências em artigos apresentados nos eventos tipo TerraBrasil ou por projetistas e construtores nos contratos de serviços. De acordo com a ABNT, cinco normas de adobe foram adquiridas após sua aprovação, embora não se conta com o registro das consultas online dos membros da ABNT, especialmente das instituições universitárias. Precisamente em 6 de julho de 2021, a Comissão de Estudo da ABNT encerrou a proposta da norma de taipa (taipa de pilão); o processo para aprovação ainda deve prorrogar por dois meses ou mais.

Já existe a expectativa para elaborar a norma de taipa de mão, o que completaria a normalização das técnicas usuais de construção com terra, sem esquecer, entretanto, que ainda existem outras a passar por este processo: a terra ensacada e os revestimentos, por exemplo.

Reconhece-se que ações eficientes de instituições e profissionais comprometidos viabilizaram a elaboração e publicação de normas sobre arquitetura e construção com terra. Destaca-se também o envolvimento da Rede TerraBrasil (RTB), cujo ambiente facilita a identificação de profissionais interessados, habilitados e comprometidos em elaborar propostas de textos base abrangentes, que atendam as exigências do produtor e do consumidor e garantam o respaldo das agências de financiamento para realização de projetos de execução de edificações.

#### 5) Como a ABNT e a desenvolvimento de normas técnicas pode impactar na difusão de materiais inovadores? Como tem sido o desenvolvimento das normas para os materiais não-convencionais e inovadores, como a terra, o bambu, o adobe ou mesmo de outros sistemas como o wood frame, steel frame já bastante difundidos internacionalmente.

A ABNT, como foro nacional de normalização, é responsável pela publicação de normas para os mais diversos materiais, produtos e serviços elaborados em comissões de estudo (CE) de comitês técnicos e de comissões de estudos especiais, cuja criação, geralmente solicitada por uma instituição com personalidade jurídica, é justificada pela demanda do mercado e da sociedade. A CE Construções com Terra foi solicitada pela FEB/UNESP-Bauru.

A proposição de normas decorre na CE com a participação de instituições e profissionais interessados na sua publicação, após discussões com um grupo de voluntários que representam, basicamente, os produtores, os consumidores e os pesquisadores, estes como elementos neutros.

Não existe uma única comissão de estudo específica de materiais não-convencionais e naturais: as normas de adobe (ABNT NBR 16814) e a de taipa de pilão (ainda não publicada), por exemplo, originaram-se na CE Construções com Terra, a de bambu (ABNT NBR 16828) na CE Estruturas de bambu e a de Light Wood Frame (ABNT NBR 16936) em outra CE.

A carência de normas é, às vezes, apontada como o maior obstáculo para o uso de materiais não-convencionais e alternativas tecnológicas na produção

de edificações. Esta postura, entretanto, pode comprometer a identificação de outros entraves neste processo.

*6) Quais técnicas considera mais promissoras para a sustentabilidade dos edifícios e das cidades?*

Não cabe ao profissional indicar técnicas de sua preferência para um projeto, mas vale sua análise em relação aos materiais disponíveis e às técnicas reconhecidas e inovadoras possíveis de aplicação no projeto em desenvolvimento, além dos custos e da cultura local. O papel do profissional é conhecer as características dos materiais e das técnicas construtivas no âmbito de suas atividades para estar habilitado a elencar as possibilidades e identificar as soluções adequadas para cada situação. As escolhas podem até recair em técnicas “menos” sustentáveis após considerar outros fatores. O profissional não deve ter preconceitos a determinadas técnicas de construções, mas preferir, principalmente, as técnicas mais sustentáveis em cada situação, desde que esta atenda a outros requisitos.

Técnicas que adotam a terra como matéria-prima, mesmo com reconhecido potencial de sustentabilidade, poderiam não ser as indicações adequadas para produção de edificações no centro de uma grande cidade, no entanto seriam indicadas para as periferias ou áreas rurais. O uso do adobe, por exemplo, é considerada como uma técnica sustentável desde que exista uma jazida próxima e um espaço disponível no canteiro para sua fabricação, o que é quase impossível no centro de grandes cidades. Em contrapartida, se existisse uma adoberia a uma distância viável da obra e um sistema de entrega do produto eficiente, o uso do adobe já poderia ser avaliado como uma das soluções promissoras.

Recordo de um projeto sobre melhoria habitacional em comunidades com técnicas de terra. Em uma destas comunidades, com histórico de produção de tijolos cerâmicos artesanais, apesar de dispor da terra adequada para fabricação de adobe, após avaliar as circunstâncias, decidiu-se que seria mais vantajoso investir na melhoria da produção das olarias familiares, visando a produtividade e proteção dos recursos ambientais, além do incremento na renda do produtor. Assim, além de dispor de componentes para a almejada melhoria habitacional, foi possível implantar técnicas de produção mais sustentáveis.

Aqui vale citar o uso do cimento na produção de edificações. Devido ao impacto negativo que sua produção causa à natureza, este material tornou-se o vilão dos

materiais de construção. No entanto, deve-se reconhecer que a cultura construtiva brasileira e o mercado estão fundamentados no uso do concreto armado e outros produtos com cimento. Não se pretende adiantar esta discussão, mas apenas destacar que se deve evitar o uso desnecessário do cimento e de outros materiais industrializados em condições semelhantes, mas se deve evitar as exclusões preconceituosas destes materiais e das técnicas construtivas correspondentes.

*8) Como acredita que os materiais alternativos e, ditos ainda como não-convencionais, podem contribuir para a sustentabilidade de produtos e edifícios? Que mecanismos podem ser criados para incentivar o uso destes materiais pelos projetistas e pela comunidade?*

O uso de materiais de construção, convencionais ou não-convencionais, se dá por meio do comércio local e é regido por fatores como: a) garantia da qualidade, geralmente em conformidade com as respectivas normas; b) disponibilidade no comércio local; c) custo acessível; d) estética agradável ao se tratar de um produto aparente. A condição de sustentabilidade do produto é um fator adicional e desejável, um bônus, mas que poucos consumidores estariam dispostos a pagar por este. É uma postura semelhante a oferta dos produtos alimentícios orgânicos, largamente oferecidos nos supermercados: alguns os adquirem (por filosofia) sem comparar aspecto ou preço com os produtos convencionais.

Neste quesito, os materiais alternativos estão em desvantagem em relação aos materiais convencionais. Não seria somente a falta de normas, porque é possível encontrar opções técnicas para garantir a qualidade do produto. Considero a disponibilidade e o custo competitivo como fatores preocupantes relativos à expectativa de uso destes produtos por profissionais ou pela comunidade de forma ampla.

Existem diferenças significativas entre os diversos materiais considerados não-convencionais e inovadores. Alguns produtos industrializáveis, como os dos sistemas construtivos como o wood frame e steel frame, assim como o de alvenaria de tijolo e bloco de solo-cimento, chegam ao mercado consumidor rapidamente e são incorporados ao rol dos produtos indicados nos projetos. Enquanto que, os produtos naturais ou manufaturados, alguns até com mais exigências de transporte, tais como o adobe e o bambu, dificilmente poderiam ser incorporados no geral da execução de edificações, mas como soluções pontuais de uso.

*9)O que poderia deixar de mensagem aos pesquisadores desta área?*

A construção civil é evolutiva e emocionante. Pode-se iniciar sua saga em algum instante dos meados do século XX, quando a construção civil caracterizava-se pela autoprodução; a industrialização do país criou uma nova forma de construir com a cientificação das atividades de projeto e construção; na década de 1970, quando os valores da construção civil resumiam-se a prazos e custos, foram estimuladas a produção em escala e a entrada para inovações tecnológicas. A década de 1980 caracterizou-se pela racionalização e pela avaliação de desempenho dos produtos. Nesta época, ocorreu a revolução do ambiente duro da construção civil com a criação da ANTAC, que começou, timidamente, a considerar efeitos do ambiente construído no ambiente natural. Rapidamente, incorporaram-se outros valores na construção civil: produtividade, ergonomia, durabilidade, manutenção, desperdício. Este pacote de valores foi-se consolidando até identificar, atualmente, um conceito mais amplo reconhecido como sustentabilidade, que inclui bom senso e responsabilidades.

No entanto, não atingimos o ponto final da história. Agora estamos consolidando as ideias e os procedimentos para proporcionar os avanços, que surgem das valiosas contribuições dos profissionais, sejam estes projetistas, construtores, fornecedores, pesquisadores, e das organizações, responsáveis pela normalização, pelo comércio, pelo financiamento, pela educação, entre outras.

E assim, vamos prosseguindo....





CCE | CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO  
CTC | CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE DESIGN